



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 141599

RANCANG BANGUN *SENSOR NODE* PADA *WIRELESS SENSOR NETWORK* MENGGUNAKAN DERET SENSOR GAS DAN JARINGAN SYARAF TIRUAN UNTUK MENDETEKSI KEBAKARAN HUTAN

LUTHFAN AUFAR AKBAR
NRP 2212 100083

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
Fajar Budiman, ST., M.Sc.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - TE 141599

**DEVELOPMENT OF SENSOR NODE ON WIRELESS SENSOR
NETWORK USING GAS SENSOR ARRAY AND ARTIFICIAL
NEURAL NETWORK FOR FOREST FIRE DETECTION**

LUTHFAN AUFAR AKBAR
NRP 2212 100083

Supervisor
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
Fajar Budiman ST., M.Sc.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016

RANCANG BANGUN *SENSOR NODE* PADA *WIRELESS SENSOR NETWORK* MENGGUNAKAN DERET SENSOR GAS DAN JARINGAN SYARAF TIRUAN UNTUK MENDETEKSI KEBAKARAN HUTAN

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sabagian Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Elektronika
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Dosen Pembimbing I,



Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
NIP: 19690426199031003

Dosen Pembimbing II,



Fajar Budiman, ST., M.Sc.
NIP: 198607072014041001



RANCANG BANGUN *SENSOR NODE* PADA *WIRELESS SENSOR NETWORK* MENGGUNAKAN DERET SENSOR GAS DAN JARINGAN SYARAF TIRUAN UNTUK MENDETEKSI KEBAKARAN HUTAN

Nama : Luthfan Aufar Akbar
Pembimbing I : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
Pembimbing II : Fajar Budiman, ST., M.Sc.

ABSTRAK

Kebakaran hutan merupakan bencana yang melanda di Indonesia beberapa bulan terakhir ini. Belum ada solusi nyata baik dari masyarakat dan pemerintah untuk mencegah kebakaran hutan ini. Dalam tugas akhir ini dilakukan penelitian rancang bangun *sensor node* pada *Wireless Sensor Network (WSN)* untuk membuat alat deteksi asap kebakaran hutan. Sumber energi listrik akan diperoleh dari panel surya. Alat ini dilengkapi dengan deret sensor gas, yaitu sensor MQ-7, sensor TGS2600, dan sensor MQ-2. Tujuan dari deret sensor gas ini adalah mendeteksi karakteristik tegangan pada ketiga asap yang diujikan, yaitu asap kebakaran hutan, asap rokok, dan asap kendaraan bermotor. Untuk mendukung deret sensor gas di atas, digunakan mikrokontroler STM32f4 sebagai komponen utama. Setelah bisa mendeteksi karakteristik tegangan ketiga asap di atas, proses berlanjut ke sistem Jaringan Syaraf Tiruan agar bisa membedakan antara asap kebakaran hutan atau bukan. Jaringan Syaraf Tiruan yang digunakan adalah tiga layer dengan satu layer tersembunyi dan fungsi aktivasi pada layer tersembunyi adalah sigmoid serta layer output adalah linier. Dari 7 percobaan sistem Jaringan Syaraf Tiruan yang dilakukan, tidak terdapat error dalam pendeteksian asap kebakaran hutan atau bukan. Waktu untuk pendeteksian alat ini sekitar 15 detik.

Kata Kunci :, Deret Sensor Gas, Jaringan Syaraf Tiruan, Kebakaran Hutan, *Sensor Node*

DEVELOPMENT OF SENSOR NODE ON WIRELESS SENSOR NETWORK USING GAS SENSOR ARRAY AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK FOR FOREST FIRE DETECTION

Name : Luthfan Aufar Akbar
1st Advisor : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
2nd Advisor : Fajar Budiman, ST., M.Sc.

ABSTRACT

The forest fires are disasters that hit Indonesia in the last few months. In fact, every year this disaster repeated and wider burning. There are no real solutions from the community and the government to prevent these forest fires. In this final project has done the research about design of sensor nodes on Wireless Sensor Network (WSN) to make forest fire smoke detection devices. Electrical energy source obtained from the solar panels. This tool is equipped with a gas sensor array, such as MQ-7 sensor, TGS2600 sensor, and the MQ-2 sensor. The purpose of the gas sensor array detects the voltage characteristics of the three smokes tested, such as the forest fire smoke, cigarette smoke, and motor vehicles smoke. To support those gas sensor array, a STM32f4 microcontroller is used as main device. When it could detect voltage characteristics of each gas sensor, the process will continue into the artificial neural network system in order to distinguish between forest fire smoke or not. Artificial neural network use is triple layer with one hidden layer. Activation function that used in hidden layer is sigmoid, meanwhile activation function that used in output layer is linear. From 7 times artificial neural network system trials, there are no errors in detection of forest fire smoke or not. Time detection for this tool is approximately 15 seconds.

Keyword: Artificial Neural Network, Forest Fire, Gas Sensor Array, Sensor Node

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metodologi Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
1.7 Relevansi.....	5
BAB 2	7
TEORI PENUNJANG	7
2.1 Sensor Semikonduktor	7
2.1.1. Prinsip Kerja Sensor Gas Tipe Semikonduktor	7
2.1.2. Sensitivitas Terhadap Gas.....	9
2.1.3. Respon Sensor.....	10
2.1.4. Rangkaian Pengukuran Dasar	11
2.1.5. Sensor Figaro TGS2600.....	12
2.1.6. Sensor MQ-7.....	14
2.1.7 Sensor MQ-2.....	17
2.2. Mikrokontroler STM32f4-Discovery	18
2.3. Liquid Crystal Display (LCD) 20x4	21
2.4 Jaringan Syaraf Tiruan	23
2.5 Panel Surya	25
2.6 LM2596 (Buck Converter).....	26
2.7 Kebakaran	27
2.7.1 Klasifikasi Kebakaran Berdasarkan Permenaker	27
2.7.2 Klasifikasi Kebakaran Menurut NFPA	28
2.7.3 Indeks Bahaya Kebakaran dan Klasifikasinya	29
2.8 Kandungan Asap Kebakaran Hutan	30
2.8.1 Komposisi Asap	30
2.8.2 Karakteristik Asap Kebakaran Hutan	31
BAB 3	33
PERANCANGAN SISTEM	33
3.1 Diagram Blok Sistem	33

3.2	Perancangan Perangkat Keras.....	34
3.2.1	Perangkat elektrik.....	35
3.2.1.1	Panel Surya.....	35
3.2.1.2	Rangkaian Deret Sensor Gas	36
3.2.1.3	STM32f4-Discovery.....	37
3.2.1.4	LCD 20x4.....	38
3.2.1.5	Perancangan Posisi Sensor	39
3.3.	Perangkat Lunak.....	40
3.3.1.	Pembacaan Nilai Tegangan pada STM32f4 Discovery	40
3.3.2	Menampilkan Hasil Pembacaan ADC pada LCD 20x4.....	41
3.3.3	Proses Jaringan Syaraf Tiruan	43
3.3.4	Proses Pengiriman Pulsa ke Wireless Sensor Network	45
BAB 4	.....	47
PENGUJIAN DAN ANALISIS	.....	47
4.1	Pengujian Perangkat Keras	47
4.1.1	Pengujian Supply Keseluruhan Sistem.....	48
4.1.2	Pengujian Rangkaian Deret Sensor Gas	50
4.1.3	Pengujian Deret Sensor Gas	51
4.1.4	Pengujian Sistem Jaringan Syaraf Tiruan	56
4.1.5	Pengiriman Data Serial ke <i>Wireless Sensor Network</i>	60
4.2	Evaluasi Sistem.....	62
BAB 5	.....	65
PENUTUP	.....	65
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	.....	67
LAMPIRAN	.....	69
BIODATA PENULIS	.....	73

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Tabel pin LCD 20x4	39
Tabel 4. 1 Pengujian <i>Output</i> Panel Surya	48
Tabel 4. 2 Pengujian Rangkaian <i>supply</i>	49
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian terhadap Asap Kebakaran Hutan.....	52
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian terhadap Asap Rokok.....	54
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian terhadap Asap Kendaraan Bermotor	55
Tabel 4. 6 Hasil <i>training</i> untuk menentukan bobot dan bias.....	57
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Jaringan Syaraf Tiruan.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi penyerapan O ₂ oleh sensor.....	7
Gambar 2. 2 Bentuk penghalang potensial antar butir Kristal	8
Gambar 2. 3 Model penghalang potensial antar butir	9
Gambar 2. 4 Karakteristik sensitivitas sensor	9
Gambar 2. 5 Contoh respon sensor	10
Gambar 2. 6 Aksi Awal.....	11
Gambar 2. 7 Rangkaian Pengukuran Dasar Sensor.....	11
Gambar 2. 8 Rangkaian Dasar TGS2600	12
Gambar 2. 9 Karakteristik TGS2600 Terhadap Konsentrasi Gas	13
Gambar 2. 10 Struktur Sensor MQ-7	15
Gambar 2. 11 Karakteristik MQ-7 terhadap Konsentrasi Gas	16
Gambar 2. 12 Rangkaian Dasar Sensor MQ-2	17
Gambar 2. 13 Karakteristik MQ-2 terhadap Konsentrasi Gas	18
Gambar 2. 14 Blok diagram mikrokontroller STM32F4.....	19
Gambar 2. 15 Mikrokontroler STM32F4 berbasis ARM 32-bit	20
Gambar 2. 16 LCD 20x4	23
Gambar 2. 17 Deskripsi Pin LCD 20x4	23
Gambar 2. 18 Struktur Jaringan Syaraf Tiruan	24
Gambar 2. 19 Arsitektur Lapisan Tunggal	24
Gambar 2. 20 Arsitektur Lapisan Banyak	25
Gambar 2. 21 Diagram Panel Surya	26
Gambar 2. 22 Rangkaian Modul LM2596	27
Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem <i>Sensor Node</i>	34
Gambar 3. 2 Sistem Panel Surya.....	35
Gambar 3. 3 Rangkaian Pembagi Tegangan pada Sensor Gas.....	36
Gambar 3. 4 Rangkaian LM2596 (<i>buck converter</i>)	37
Gambar 3. 5 Tampilan LCD 20x4.....	38
Gambar 3. 6 Kotak tempat ketiga sensor	39
Gambar 3. 7 <i>Flowchart</i> pembacaan nilai ADC Sensor	41
Gambar 3. 8 <i>Flowchart</i> Menampilkan Pembacaan ADC ke LCD	42
Gambar 3. 9 Sistem Jaringan Syaraf Tiruan.....	43
Gambar 3. 10 <i>Flowchart</i> Proses Jaringan Syaraf Tiruan.	44
Gambar 3. 11 <i>Flowchart</i> Pengiriman Data Serial Ke WSN.....	45
Gambar 4. 1 Realisasi Alat.....	47
Gambar 4. 2 Pengujian Panel Surya.....	48

Gambar 4. 3 Output *Battery Charge Controller*49

Gambar 4. 4 Pengujian Vout.....50

Gambar 4. 5 Vin sensor51

Gambar 4. 6 Pengujian Asap Kebakaran Hutan52

Gambar 4. 7 Grafik Tegangan Asap Kebakaran Hutan53

Gambar 4. 8 Pengujian Asap Rokok.....53

Gambar 4. 9 Grafik Tegangan Asap Rokok.....54

Gambar 4. 10 Pengujian Asap Kendaraan Bermotor55

Gambar 4. 11 Grafik Tegangan Asap Motor56

Gambar 4. 12 Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan.....62

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia salah satu negara yang mempunyai hutan terluas di dunia. Hutan di Indonesia tersebar dari Pulau Sumatra hingga ke Papua. Tahun 2009 luas tutupan hutan Indonesia adalah 88,17 juta ha atau sekitar 46,33 persen dari luas daratan Indonesia. Sebaran tutupan hutan terluas berada di Pulau Papua dengan persentase sebesar 38,72 persen dari total luas tutupan hutan Indonesia, atau sekitar 34,13 juta ha. Wilayah hutan di Indonesia mempunyai peranan penting sebagai penghasil oksigen ke seluruh dunia. Namun pada kenyataannya hutan Indonesia bekerja tidak pada fungsinya. Dalam periode tahun 2000-2009, luas hutan Indonesia yang mengalami deforestasi adalah sebesar 15,16 juta ha. Pulau Kalimantan menjadi daerah penyumbang deforestasi terbesar yaitu sekitar 36,32 persen atau setara dengan 5,50 juta ha [1].

Permasalahan yang terjadi beberapa bulan terakhir ini adalah kebakaran hutan. Bencana ini sudah setiap tahun terjadi bahkan semakin tahun wilayah yang terbakar semakin luas. Salah satu penyebab dari kebakaran hutan ini adalah dibakar secara sengaja oleh oknum – oknum yang tidak bertanggung jawab untuk dibuat lahan sawit atau membuka lahan baru. Sedangkan kebakaran tak disengaja lebih disebabkan oleh kelalaian karena tidak mematikan api unggun, pembakaran sampah, membuang puntung rokok, dan tindakan kelalaian lainnya. Awalnya dari api kecil saja kemudian merembet ke pohon – pohon yang lain dan akhirnya semakin besar. Di Indonesia, 99% kejadian kebakaran hutan disebabkan oleh aktivitas manusia baik sengaja maupun tidak sengaja. Hanya 1% diantaranya yang terjadi secara alamiah yaitu musim kemarau yang melanda Indonesia. Musim kemarau ini menyebabkan kekeringan di beberapa titik hutan. Kekeringan ini membuat daerah hutan kurang lembap dan jika ada gesekan antar ranting pohon saja bisa membuat api

kecil yang nantinya akan membesar karena merembet ke dahan serta kayu yang lain.

Kebakaran hutan berdampak besar bagi kehidupan manusia. Sebagian besar dampak tersebut bersifat merugikan. Kebakaran hutan merupakan bencana bagi keanekaragaman hayati. Tak terhitung berapa jumlah spesies tumbuhan dan plasma nutfah yang hilang. Vegetasi yang rusak menyebabkan hutan tidak bisa menjalankan fungsi ekologisnya secara maksimal. Kebakaran hutan juga menyebabkan hilangnya habitat bagi satwa liar penghuni hutan. Selain itu kebakaran hutan banyak melepaskan emisi karbon dan gas rumah kaca lain ke atmosfer. Karbon yang seharusnya tersimpan dalam biomassa hutan dilepaskan dengan tiba-tiba. Apalagi bila terjadi di hutan gambut, dimana lapisan tanah gambut yang kedalamannya bisa mencapai 10 meter ikut terbakar. Asap yang ditimbulkan oleh kebakaran hutan berdampak langsung pada kesehatan, khususnya gangguan saluran pernapasan. Asap mengandung sejumlah gas dan partikel kimia yang mengganggu pernapasan seperti seperti sulfur dioksida (SO_2), karbon monoksida (CO), formaldehid, akrolein, benzen, nitrogen oksida (NO_x) dan ozon (O_3). Material tersebut memicu dampak buruk yang nyata pada manula, bayi dan pengidap penyakit paru. Meskipun tidak dipungkiri dampak tersebut bisa mengenai orang sehat[2].

Berangkat dari beberapa permasalahan di atas, rancang bangun sistem deteksi dini kebakaran hutan ini diharapkan bisa menjadi solusi mencegah kebakaran hutan dengan cara mendeteksi asap secara dini sebelum api membesar dan bisa mendeteksi daerah hutan mana yang potensial menjadi titik api dilihat dari kelembapan dan suhu di sekitarnya.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis sensor apakah yang sesuai untuk mendeteksi jenis gas dari asap kebakaran hutan
2. Bagaimana identifikasi dari asap yang disebabkan oleh kebakaran hutan

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menggunakan sensor semikonduktor untuk mendeteksi berbagai jenis gas yang terkandung dalam asap kebakaran hutan
2. Mengimplementasikan Jaringan Syaraf Tiruan untuk mengidentifikasi jenis gas yang disebabkan oleh kebakaran hutan

1.4 Batasan Masalah

1. Deret sensor gas yang digunakan adalah sensor MQ7, sensor TGS2600, dan sensor MQ2
2. Alat ini hanya untuk mendeteksi asap kebakaran hutan dan mengirim data secara serial ke *Wireless Sensor Network*

1.5 Metodologi Penelitian

Dalam penyelesaian tugas akhir ini digunakan metodologi sebagai berikut:

1. Studi literatur

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dasar teori yang menunjang dalam penulisan tugas akhir. Dasar teori ini dapat diambil dari buku-buku, jurnal, *proceeding*, dan artikel-artikel di internet.

2. Perancangan *Software*

Perancangan perangkat lunak atau *software* meliputi dua proses yaitu pemrograman mengkonversikan data sensor menjadi data digital dan proses pemrograman Jaringan Syaraf Tiruan untuk menentukan asap hutan atau bukan.

3. Perancangan Sistem

Perancangan sistem ini terdiri atas beberapa bagian, yaitu:

a. Perancangan *Hardware*

Cara kerja dari sistem ini adalah menggunakan deret sensor gas yang terdiri atas sensor MQ7, sensor TGS2600 dan sensor MQ2 yang diimplementasikan dengan Jaringan Syaraf Tiruan untuk mendeteksi jenis asap, apakah asap dari kebakaran hutan atau bukan. Pendeteksian dari ketiga sensor diatas akan dibaca oleh STM32f4 Discovery dengan *analog to digital converter* (ADC). Hasil dari pembacaan ADC tersebut akan diproses oleh

Jaringan Syaraf Tiruan untuk ditentukan asap itu apakah asap kebakaran hutan atau bukan. Jika yang terdeteksi asap kebakaran hutan maka STM32f4-discovery akan mengirim data secara serial ke *Wireless Sensor Network*.

b. Perancangan Posisi Sensor

Ketiga sensor semikonduktor di atas digunakan untuk membaca tegangan ketika mendeteksi asap. Tujuan tugas akhir ini adalah untuk mendeteksi asap kebakaran hutan atau bukan. Oleh karena itu, diperlukan 3 buah sensor untuk mendeteksi asap tersebut. Ketiga sensor ini akan dipasang pada satu ruang kecil yang terhubung oleh pipa pvc sebagai jalan masuk asap dan terdapat lubang-lubang kecil berfungsi untuk sirkulasi.

4. Pengujian sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu :

- Pengujian ketiga sensor semikonduktor apakah bisa menghasilkan tegangan ketika diberi asap secara acak.
- Pengujian dari Jaringan Syaraf Tiruan untuk menentukan bobot dan *bias*
- Pengujian gabungan keseluruhan sistem sensor, stm32f4-discovery, dan Jaringan Syaraf Tiruan untuk menentukan apakah termasuk asap hutan atau bukan.

5. Pengolahan data

Melakukan analisa data dari hasil eksperimen, sehingga dapat dipilih solusi yang terbaik untuk mengatasi permasalahan yang dihadapi.

6. Penulisan laporan Tugas Akhir

Tahap penulisan laporan Tugas Akhir dilakukan pada saat tahap pengujian sistem dimulai serta setelahnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini terdiri dari Lima Bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

- Bab 1 : Pendahuluan

Bab ini meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi, sistematika penulisan, dan relevansi.

- Bab 2 : Teori Penunjang
Bab ini menjelaskan tentang dasar-dasar teori yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir ini, yang meliputi teori dasar sensor MQ-7, TGS2600, MQ-2, STM32F4-discovery, Jaringan Syaraf Tiruan, dan panel surya.
- Bab 3: Perancangan Sistem
Bab ini menjelaskan tentang perencanaan sistem perangkat keras elektrik dan mekanik, serta perangkat lunak. Bab ini juga berisi menjelaskan tentang prosedur pengujian yang dilakukan dalam penelitian.
- Bab 4 : Pengukuran dan Analisis Sistem
Bab ini menjelaskan tentang hasil yang didapat dari pengujian tiap Blok sistem secara keseluruhan
- Bab 5 : Penutup
Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan meliputi kekurangan-kekurangan pada kerja alat dari hasil analisa serta saran untuk pengembangan ke depan.

1.7 Relevansi

Hasil dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat digunakan sebagai alat pengidentifikasi asap kebakaran hutan
2. Sebagai dasar penelitian lebih lanjut, agar dapat lebih dikembangkan.

BAB 2

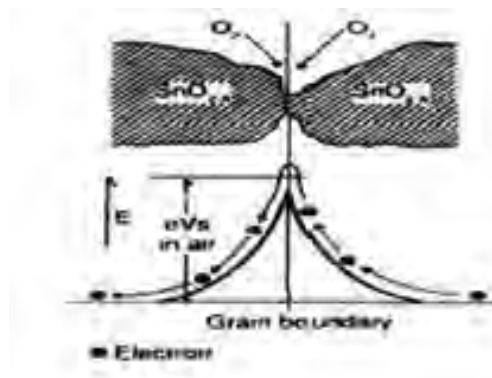
TEORI PENUNJANG

2.1 Sensor Semikonduktor

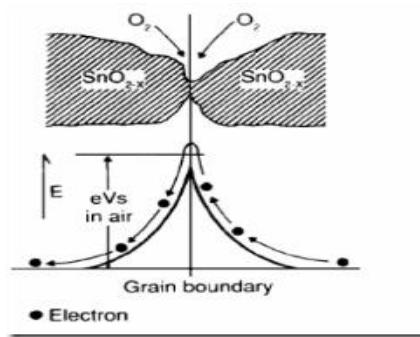
Sensor gas adalah sensor yang berfungsi untuk mengukur senyawa gas polutan yang ada di udara seperti karbon monoksida, hidrokarbon, nitrooksida, dan lain-lain. Sensor gas semikonduktor memiliki banyak jenis, tentunya dibedakan oleh sensitivitas sensor tersebut. Berdasarkan gambar 2.1 prinsip kerja dari sensor ini semakin tinggi konsentrasi gas maka resistansinya semakin rendah. Sensor gas semikonduktor terbentuk pada permukaan luar kristal, tegangan permukaan yang terbentuk akan menghambat laju aliran elektron.

2.1.1. Prinsip Kerja Sensor Gas Tipe Semikonduktor

Sensor gas tipe semikonduktor terdiri dari elemen sensor, dasar sensor dan tudung sensor. Elemen sensor menggunakan bahan-bahan seperti timah(IV)oksida SnO_2 , wolfram (VI) oksida WO_3 , dan lain-lain.



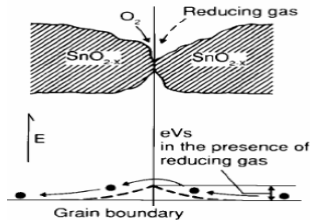
Gambar 2. 1 Ilustrasi penyerapan O_2 oleh sensor[3]



Gambar 2. 2 Bentuk penghalang potensial antar butir Kristal [3]

Bila suatu kristal oksida logam seperti SnO_2 dipanaskan pada suhu tinggi tertentu di udara, oksigen teradsorpsi pada permukaan kristal dengan muatan negatif. Pada gambar 2.2 elektron – elektron donor pada permukaan kristal ditransfer ke oksigen teradsorpsi, sehingga menghasilkan suatu lapisan ruang bermuatan positif. Akibat dari peristiwa tersebut potensial permukaan terbentuk yang akan menghambat aliran elektron. Proses didalam sensor arus listrik mengalir melalui bagian – bagian penghubung (batas butir) kristal-kristal mikro SnO_2 . Di batas-batas antar butir, oksigen yang teradsorpsi membentuk penghalang potensial yang menghambat muatan bebas bergerak. Tahanan listrik sensor disebabkan oleh penghalang potensial.

Pada gambar 2.3 ketika model penghalang potensial antar butir dalam lingkungan gas atau terdeteksi gas, kerapatan oksigen teradsorpsi bermuatan negatif pada permukaan semikonduktor sensor menjadi berkurang, sehingga ketinggian penghalang pada batas antar butir berkurang. Sehingga menyebabkan berkurangnya tahanan butir dalam lingkungan gas.



Gambar 2. 3 Model penghalang potensial antar butir [3]

Hubungan antar tahanan sensor dan konsentrasi gas pereduksi pada suatu rentang konsentrasi gas dapat dinyatakan dengan persamaan berikut[3]:

$$R_s = A[C]^{-a} \quad (2.1)$$

Keterangan:

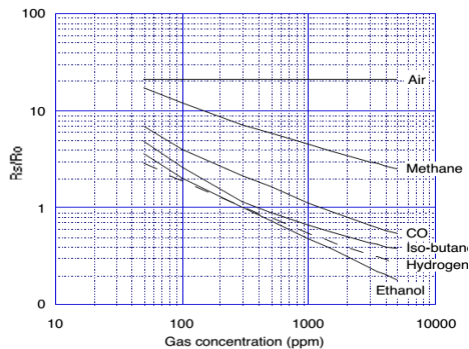
R_s = Resistansi Sensor

A = Konstanta

$[C]$ = Konsentrasi gas

a = gradien kurva R_s

2.1.2. Sensitivitas Terhadap Gas

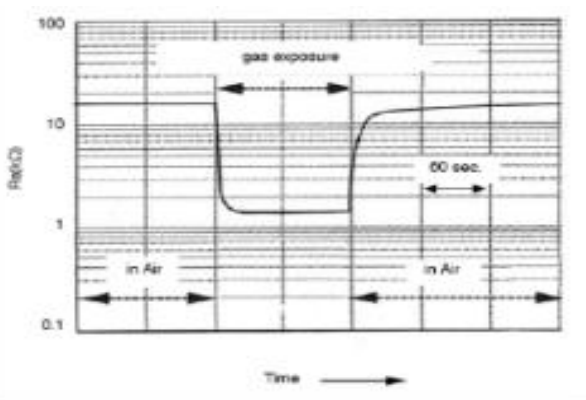


Gambar 2. 4 Karakteristik sensitivitas sensor[4]

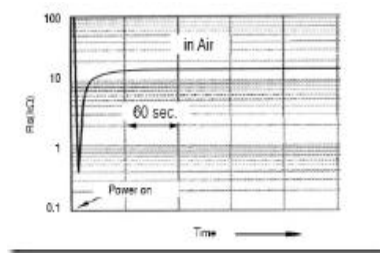
Berdasarkan persamaan (2.1), hubungan resistansi sensor terhadap konsentrasi gas adalah linier dalam bentuk logaritma, dalam rentang tertentu konsentrasi gas (dari beberapa ppm ke beberapa ribu ppm). Pada gambar 2.4 adalah suatu contoh hubungan antar resistansi sensor dan konsentrasi gas. Sensor memperlihatkan kepekaan yang berbeda-beda terhadap berbagai gas. Tingkat kepekaan relatif suatu sensor terhadap gas juga tergantung pada jenis bahan sensor dan temperatur. Sehingga karakteristik sensor dinyatakan sebagai rasio resistansi sensor dalam berbagai konsentrasi gas (R_s) dengan resistansinya dalam konsentrasi tertentu suatu gas target (R_o).

2.1.3. Respon Sensor

Respon sensor ketika suatu sensor dikenakan suatu gas pendeoksida dan ketika sensor dijauhkan dari gas pendeoksida. Seperti pada gambar 2.5 resistansi sensor akan menurun tajam dengan cepat ketika dikenakan pada gas, dan ketika dijauhkan dari gas, resistansinya akan kembali ke harga semula setelah waktu yang singkat. Perlu diperhatikan kecepatan respond kembalinya ke keadaan semula bervariasi dengan jenis sensor dan jenis gas yang terdeteksi.



Gambar 2. 5 Contoh respon sensor [3].

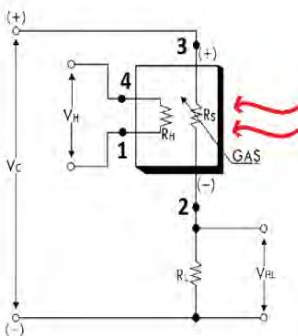


Gambar 2. 6 Aksi Awal[3]

Semua sensor memiliki sifat sementara disebut aksi awal. Pada gambar 2.6 besarnya R_s turun seketika dengan tajam selama beberapa detik, dalam keadaan ada atau tidak ada gas yang terdeteksi, selanjutnya akan mencapai tingkat yang stabil sesuai dengan keadaan atmosfer sekitarnya. Lamanya aksi awal tergantung pada kondisi atmosfer selama penyimpanan, dan jenis sensor.

2.1.4. Rangkaian Pengukuran Dasar

Sesuai dengan gambar 2.7 sensor memerlukan dua sumber tegangan, yakni tegangan pemanas (V_H) dan tegangan sirkuit/rangkaian sensor (V_C). Tegangan pemanas dipakai pada pemanas terintegrasi untuk



Ket:
 V_H : Voltage pemanas
 V_C : Voltage sirkuit Sensor
 R_L : Tahanan Beban
 V_{RL} : Voltage antar kedua terminal tahanan beban
 R_s : Tahanan

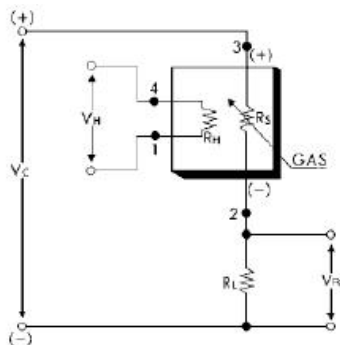
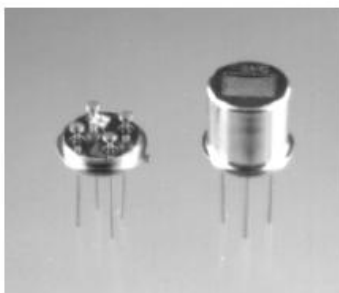
Gambar 2. 7 Rangkaian Pengukuran Dasar Sensor[4]

mempertahankan elemen sensor pada suhu tertentu yang optimal. Tegangan sirkuit digunakan untuk memungkinkan pengukuran tegangan (V_{RL}) antar kedua terminal tahanan beban (R_L) yang dihubungkan seri dengan sensor. Suatu sirkuit catu daya umum dapat digunakan baik untuk V_c maupun V_H untuk memenuhi kebutuhan listrik sensor. Konsumsi daya (P_s) pada semikonduktor dibawah 15 mW.

2.1.5. Sensor Figaro TGS2600

Figaro TGS 2600 adalah transduser utama yang digunakan dalam rangkaian ini, yang merupakan sebuah sensor kimia atau gas sensor. Sensor ini mempunyai nilai resistansi R_s yang akan berubah bila terkena gas dan juga mempunyai sebuah pemanas (*heater*) yang digunakan untuk membersihkan ruangan sensor dari kontaminasi udara luar.

Output tegangan pada hambatan R_L (V_{out}) digunakan sebagai masukan pada mikroprosesor. Nilai resistansi R_L dipilih agar konsumsi daya dari sensor (P_s) di bawah batas 15 mW, Nilai P_s akan meningkat pada waktu nilai resistansi sensor R_s sama dengan resistansi R_L .



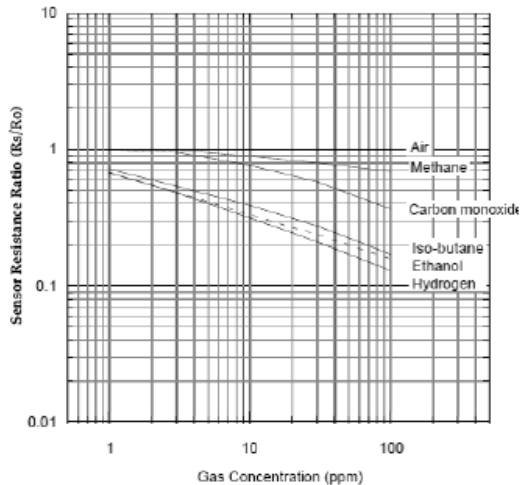
Gambar 2. 8 Rangkaian Dasar TGS2600 [4]

Nilai P_s dapat dicari berdasarkan persamaan berikut ini:

$$P_s = \frac{(V_c - V_{out})^2}{R_s} \quad (2.2)$$

$$R_s = \frac{V_c \times R_L}{V_{out}} - R_L$$

Bahan detektor gas dari sensor adalah metal oksida, khususnya senyawa SnO_2 . Ketika kristal metal oksida (SnO_2) dihangatkan pada temperatur tertentu, oksigen akan diserap pada permukaan kristal dan oksigen akan bermuatan negatif. Hal ini disebabkan karena permukaan kristal mendonorkan elektron pada oksigen yang terdapat pada lapisan luar, sehingga oksigen akan bermuatan negatif dan muatan positif akan terbentuk pada permukaan luar kristal. Tegangan permukaan yang terbentuk akan menghambat laju aliran elektron.



Gambar 2. 9 Karakteristik TGS2600 Terhadap Konsentrasi Gas [5]

2.1.6. Sensor MQ-7

MQ-7 merupakan sensor gas yang digunakan dalam peralatan untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO) dalam kehidupan sehari-hari, industri, atau mobil. Fitur dari sensor gas MQ7 ini adalah mempunyai sensitivitas yang tinggi terhadap karbon monoksida (CO), stabil, dan berumur panjang. Sensor ini menggunakan catu daya heater : 5V DC dan menggunakan catu daya rangkaian : 5VDC, jarak pengukuran : 20 - 2000 ppm untuk ampuh mengukur gas karbon monoksida.

1. Kondisi Standar Sensor Bekerja

- $VC/(Tegangan\ Rangkaian) = 5V \pm 0.1$
- $VH\ (H)/\ Tegangan\ Pemanas\ (Tinggi) = 5V \pm 0.1$
- $VH\ (L)/\ Tegangan\ Pemanas\ (Rendah) = 1.4V \pm 0.1$
- $RL/Resistansi\ Beban\ Dapat\ disesuaikan$
- $RH\ Resistansi\ Pemanas = 33\Omega \pm 5\%$
- $TH\ (H)\ Waktu\ Pemanasan\ (Tinggi) = 60 \pm 1\ seconds$
- $TH\ (L)\ Waktu\ Pemanasan\ (Rendah) = 90 \pm 1\ seconds$
- $PH\ Konsumsi\ Pemanasan = Sekitar\ 350mW$

2. Kondisi Lingkungan

- $Tao/Suhu\ Penggunaan = -20^{\circ}C - 50^{\circ}C$
- $Tas/Suhu\ Penyimpanan = -20^{\circ}C - 50^{\circ}C$
- $RH/Kelembapan\ Relatif = kurang\ dari\ 95\%RH$
- $O_2\ Konsentrasi\ Oksigen = 21\%(stand\ condition)$ (Konsentrasi Oksigen dapat mempengaruhi sensitivitas)

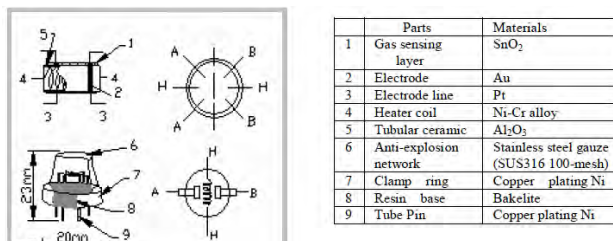
3. Karakteristik Sensitivitas

- $Rs/ Tahanan\ Permukaan\ Terhadap\ Tubuh = 2-20k\ pada\ 100ppm\ Carbon\ Monoxide(CO)$
- $a(300/100ppm)/ Tingkat\ Konsentrasi\ Kemiringan = Kurang\ dari\ 0.5\ Rs\ (300ppm)/Rs(100ppm)$

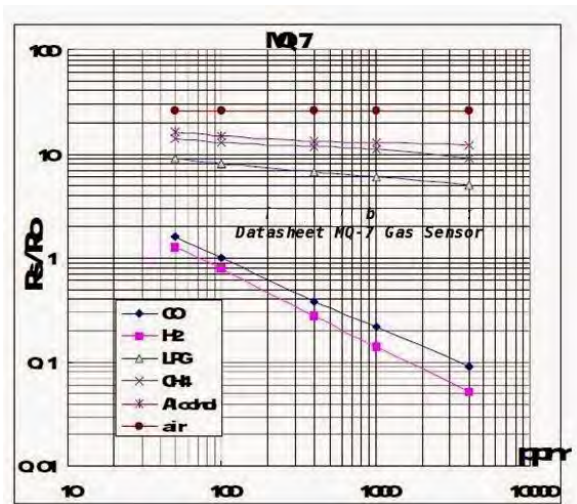
- Standar Kondisi Bekerja = Temperature $-20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ Kelembapan $65\%\pm 5\%$, $\text{RL}:10\text{K}\Omega\pm 5\%$, $\text{Vc}:5\text{V}\pm 0.1\text{V}$ $\text{VH}:5\text{V}\pm 0.1\text{V}$, $\text{VH}:1.4\text{V}\pm 0.1\text{V}$
- Waktu Panaskan Tidak kurang dari 48 jam
- Jarak Deteksi: 20ppm-2000ppm carbon monoxide

Struktur dan konfigurasi MQ-7 sensor gas ditunjukkan pada gambar. 1 (Konfigurasi A atau B), sensor disusun oleh mikro Al_2O_3 tabung keramik, Tin Dioksida (SnO_2) lapisan sensitif, elektroda pengukuran dan pemanas adalah tetap menjadi kerak yang dibuat oleh plastik dan stainless steel bersih. Pemanas menyediakan kondisi kerja yang diperlukan untuk pekerjaan komponen sensitif. MQ-7 dibuat dengan 6 pin, 4 dari mereka yang digunakan untuk mengambil sinyal, dan 2 lainnya digunakan untuk menyediakan arus pemanasan.

Hambatan permukaan sensor R_s diperoleh melalui dipengaruhi sinyal output tegangan dari resistansi beban RL yang seri. Hubungan antara itu dijelaskan bahwa $R_s \text{RL} = (\text{Vc} - \text{VRL}) / \text{VRL}$ sinyal ketika sensor digeser dari udara bersih untuk karbon monoksida (CO), pengukuran sinyal dilakukan dalam waktu satu atau dua periode pemanasan lengkap (2,5 menit dari tegangan tinggi ke tegangan rendah). Lapisan sensitif dari MQ-7 komponen gas sensitif terbuat dari SnO_2 dengan stabilitas, Jadi, ia memiliki stabilitas jangka panjang yang sangat baik.



Gambar 2. 10 Struktur Sensor MQ-7 [5]



Gambar 2. 11 Karakteristik MQ-7 terhadap Konsentrasi Gas [5]

Nilai resistansi MQ-7 adalah perbedaan untuk berbagai jenis dan berbagai gas konsentrasi. Jadi, Bila menggunakan komponen ini, penyesuaian sensitivitas sangat diperlukan. kami sarankan Anda mengkalibrasi detektor untuk CO 200 ppm di udara dan menggunakan nilai resistansi beban itu (R_L) sekitar 10 K Ω (5K Ω sampai 47 K Ω). Ketika secara akurat mengukur, titik alarm yang tepat untuk detektor gas harus ditentukan setelah mempertimbangkan pengaruh suhu dan kelembaban. Sensitivitas Program menyesuaikan:

1. Hubungkan sensor ke rangkaian aplikasi.
2. Menghidupkan daya, terus pemanasan melalui listrik lebih dari 48 jam.
3. Sesuaikan beban perlawanan R_L sampai Anda mendapatkan nilai sinyal yang menanggapi konsentrasi karbon monoksida tertentu pada titik akhir dari 90 detik.

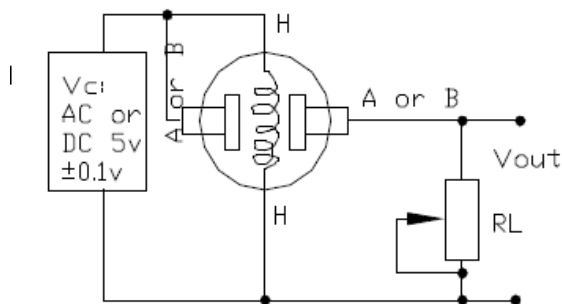
4. Sesuaikan lain beban resistansi RL sampai Anda mendapatkan nilai sinyal yang menanggapi konsentrasi CO di titik akhir dari 60 detik

2.1.7 Sensor MQ-2

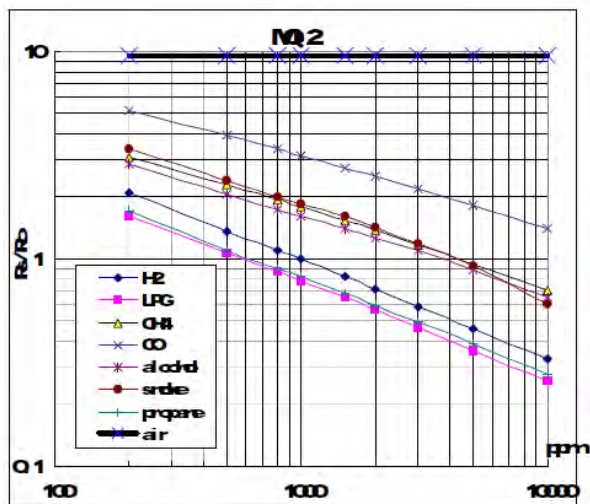
Sensor MQ-2 adalah salah satu sensor sensitif terhadap gas. Bahan utama sensor ini adalah SnO_2 dengan konduktivitas rendah pada udara bersih. Jika terdapat kebocoran gas konduktivitas sensor menjadi lebih tinggi, setiap kenaikan konsentrasi gas maka konduktivitas sensor juga naik. MQ-2 sensitif terhadap gas LPG, Propana, Hidrogen, Karbon Monoksida, Metana dan Alkohol.

Sensor MQ-2 terdapat 2 masukan tegangan yakni VH dan VC. VH digunakan untuk tegangan pada pemanas (Heater) internal dan Vc merupakan tegangan sumber. Catu daya yang dibutuhkan pada sensor MQ-2 adalah $V_c < 24\text{VDC}$ dan $V_H = 5\text{V} \pm 0.2\text{V}$ Tegangan AC atau DC

Besar nilai dari Resistansi Sensor (R_S) = $(V_c/V_{RL} - 1) \times R_L$. Sensor MQ2 tersebut terbuat dari bahan peka gas yaitu SnO_2 . Jika sensor tersebut mendeteksi keberadaan gas tersebut di udara dengan tingkat konsentrasi tertentu, maka sensor akan menganggap terdapat asap rokok di udara.



Gambar 2. 12 Rangkaian Dasar Sensor MQ-2 [6]



Gambar 2. 13 Karakteristik MQ-2 terhadap Konsentrasi Gas [6]

Ketika sensor mendeteksi keberadaan gas-gas tersebut, maka resistansi elektrik sensor akan turun. Dengan memanfaatkan prinsip kerja dari sensor MQ 2 ini, kandungan gas tersebut dapat diukur [6].

2.2. Mikrokontroler STM32f4-Discovery

Mikrokontroler STM32F4 discovery adalah mikrokontroler berbasis arsitektur ARM (Advanced Risc Machine) sebuah prosesor 32bit yang lebih handal dalam hal transfer data dan hemat daya yangmemiliki fitur antara lain:

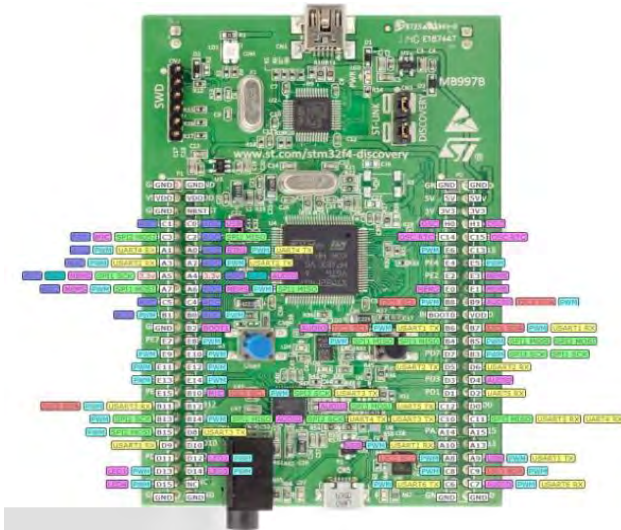


Gambar 2. 14 Blok diagram mikrokontroler STM32F4[9]

- Mikrokontroler STM32F4 dengan memori flash 2MB, 256 KBRAM di paket LQFP144
- *On-Board ST LINK/V2* dengan pilihan mode *switch* untuk menggunakan *kit* sebagai *STLINK/V2* yang dilengkapi dengan konektor SWD untuk pemrograman dan *debugging*.
- *Power Supply* yang terhubung jalur USB atau dari sumber luar sebesar 3 Volt atau 5 Volt.

- L3GD20, ST MEMS sensor gerak, 3-axis gyroscope keluarandigital.
- Enam LED: LD1 (merah/ hijau) untuk komunikasi USB, LD2(merah) untuk 3,3 V *power-on*, dua LED pengguna (LD3: hijau,LD4: merah), dua LED USB OTG (LD5: hijau = VBUS dan LD6: merah = OC).
- Dua *pushbuttons* (pengguna dan *reset*).
- Sambungan *header* untuk LQFP1441/Os untuk koneksi cepat kepapan *prototyping* dan *probe* yang mudah.

Chip STM32F429ZIT6U mempunyai banyak fitur yang dapat digunakan, seperti I/O, Timer, ADC, dan DMA. Kecepatan *clock*-nya bisa mencapai 168Mhz sehingga memungkinkan untuk mengerjakan perintah program yang cukup panjang dalam waktu yang cukup singkat. Gambar 7.9 merupakan tampilan fisik dari board STM32F429.[7]



Gambar 2. 15 Mikrokontroler STM32F4 berbasis ARM 32-bit[9]

2.3. Liquid Crystal Display (LCD) 20x4

LCD (Liquid Crystal Display) adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. Dipasaran tampilan LCD sudah tersedia dalam bentuk modul yaitu tampilan LCD beserta rangkaian pendukungnya. LCD mempunyai pin data, kontrol catu daya, dan pengatur kontras tampilan. LCD juga merupakan perangkat display yang paling umum dipasangkan di Mikrokontroller, Mengingat ukurannya yang kecil dan kemampuannya menampilkan karakter atau grafik yang lebih dibandingkan display seven-segmen. Pada pengembangan sistem embedded, LCD mutlak diperlukan sebagai sumber pemberi informasi utama, misalnya alat pengukur kadar gula darah, penampil waktu jam, penampil counter putaran motor industri dan lain-lain. Register yang terdapat di LCD adalah sebagai berikut:

- IR (Intruccion Register)

Digunakan untuk menentukan fungsi yang harudikerjakan oleh LCD serta pengalamatan DDRAM atau CGRAM.

- DR (Data Register)

Digunakan sebagai tempat data DDRAM atau CGRAM yang akan ditulis atau dibaca oleh komputer atau sistem minimum. Saat dibaca, DR menyimpan data DDRAM atau CGRAM, setelah itu data alamatnya secara otomatis masuk ke DR. Pada waktu menulis, cukup lakukan inisialisasi DDRAM atau CGRAM, kemudian untuk selanjutnya data dituliskan ke DDRAM atau CGRAM sejak awal alamat tersebut.

- BF (Busy Flag)

Digunakan untuk bahwa LCD dalam keadaan siap atau sibuk. Apabila LCD sedang melakukan operasi internal, BF diset menjadi 1, sehingga tidak akan menerima perintah dari luar. Jadi, BF harus dicek apakah telah diriset menjadi 0 ketika akan menulis LCD (memberi data pada LCD). Cara untuk menulis LCD adalah dengan mengeset RS menjadi 0 dan mengeset R/W menjadi 1.

- AC (Address Counter)

Digunakan untuk menunjukan alamat pada DDRAM atau CGRAM dibaca atau ditulis, maka AC secara otomatis menunjukan alamat berikutnya. Alamat yang disimpan AC dapat dibaca bersamaan dengan BF.

- DDRAM (Display Data Random Access Memory)

Digunakan sebagai tempat penyimpanan data yang sebesar 80 byte atau 80 karakter. AC menunjukan alamat karakter yang sedang ditampilkan.

- CGROM (Character Generator Read Only Memory)

Pada LCD terdapat ROM untuk menyimpan karakter-karakter ASCII (American Standart Code for Interchage Intruction), sehingga cukup memasukan kode ASCII untuk menampilkanya.

- CGRAM (Character Generator Random Access Memory)

Sebagai data storage untuk merancang karakter yang dikehendaki. Untuk CGRAM terdapat kode ASCII dari 00h sampai 0Fh, tetapi hanya 8 karakter yang disediakan. Alamat CGRAM hanya 6 bit, 3 bit untuk mengatur tinggi karakter dan 3 bit tinggi menjadi 3 bit rendah DDRAM yang menunjukan karakter, sedangkan 3 bit rendah sebagai posisi data CGRAM untuk membuat tampilan baris dalam dotmatriks 5x7 karakter tersebut, dimulai dari atas. Sehingga karakter untuk kode ASCII 00h sama dengan 09h sampai 07h dengan 0Fh. Dengan demikian untuk perancangan 1 karakter memerlukan penulisan data ke CGRAM sampai 8 kali.

- Cursor and Blink Control circuit

Merupakan rangkaian yang menghasilkan tampilan kursor dan kondisi blink (berkedap-kedip) [10].



Gambar 2. 16 LCD 20x4 [10]

Berikut ini adalah deskripsi pin LCD 20x4 :

Pin No.	Symbol	Function
1	V _{SS}	Ground
2	V _{DD}	Power supply
3	V ₀	Power Supply for LCD
4	RS	Select Display Data("H") or Instructions("L")
5	R/W	Read or Write Select Signal
6	E	Read/Write Enable Signal
7	DB0	Display Data Signal
8	DB1	
9	DB2	
10	DB3	
11	DB4	
12	DB5	
13	DB6	
14	DB7	
15	LED – (K)	Please also refer to 6.1 PCB drawing and description.
16	LED + (A)	Please also refer to 6.1 PCB drawing and description.

Gambar 2. 17 Deskripsi Pin LCD 20x4 [10]

2.4 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan adalah merupakan pemodelan untuk



Gambar 2. 18 Struktur Jaringan Syaraf Tiruan [7]

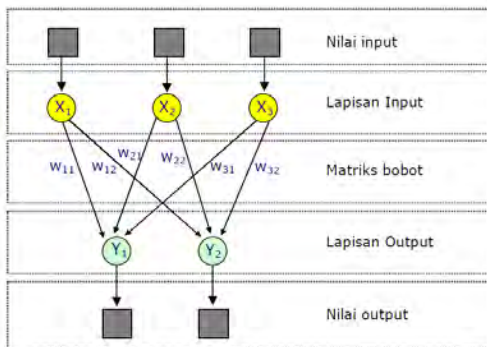
hubungan antara *input* dan *output* pada sejumlah pola data. Jaringan Syaraf Tiruan merupakan sistem komputasi yang arsitekturnya didekati oleh sel syaraf yang berada dalam otak manusia. Jaringan Syaraf Tiruan terdiri dari beberapa neuron yang saling terhubung.

Pada jaringan syaraf, hubungan antar neuron-neuron dikenal dengan nama bobot.

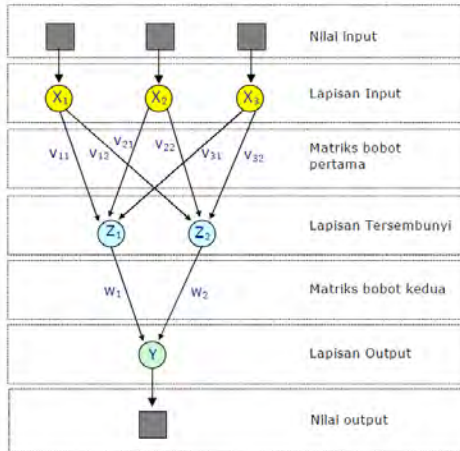
Ada beberapa arsitektur jaringan syaraf, antara lain :

- a. Jaringan dengan lapisan tunggal (*single layer net*)

Hanya memiliki satu lapisan dengan bobot-bobot terhubung. Jaringan ini hanya menerima input kemudian secara langsung akan mengolahnya menjadi output tanpa harus melalui lapisan tersembunyi.



Gambar 2. 19 Arsitektur Lapisan Tunggal [7]



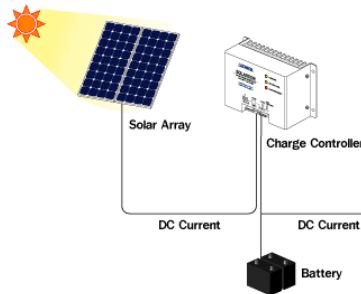
Gambar 2. 20 Arsitektur Lapisan Banyak[7]

b. Jaringan dengan banyak lapisan (multilayer net)

Memiliki 1 atau lebih lapisan yang terletak diantara lapisan input dan lapisan output. Ada lapisan yang berbobot yang terletak antara 2 lapisan yang bersebelahan[7].

2.5 Panel Surya

Dalam cahaya matahari terkandung energi dalam bentuk foton. Ketika foton ini mengenai permukaan sel surya, elektron-elektronnya akan tereksitasi dan menimbulkan aliran listrik. Prinsip ini dikenal sebagai prinsip *photoelectric*. Sel surya dapat tereksitasi karena terbuat dari material semikonduktor²; yang mengandung unsur silikon. Silikon ini terdiri atas dua jenis lapisan sensitif: lapisan negatif (tipe-n) dan lapisan positif (tipe-p). Sel surya ini mudah pecah dan berkarat jika terkena air. Karena itu sel ini dibuat dalam bentuk panel-panel ukuran tertentu yang dilapisi plastik atau kaca bening yang kedap air. Panel ini dikenal sebagai panel surya. Ada beberapa jenis panel surya yang dijual di pasaran. Jenis pertama, yang terbaik saat ini, adalah jenis

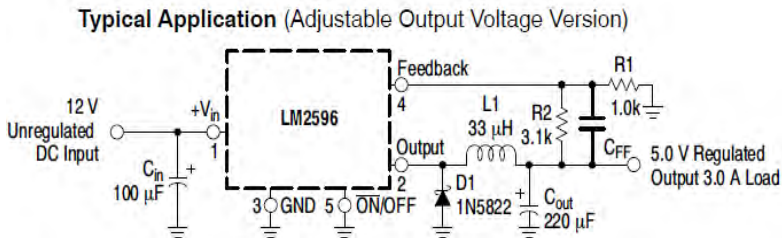


Gambar 2. 21 Diagram Panel Surya [8]

monokristalin. Panel ini memiliki efisiensi 12-14%. Jenis kedua adalah jenis polikristalin atau multikristalin, yang terbuat dari kristal silikon dengan efisiensi 10-12%. Jenis ketiga adalah silikon jenis *amorphous*, yang berbentuk film tipis. Efisiensinya sekitar 4-6%. Panel surya jenis ini banyak dipakai di mainan anak-anak, jam dan kalkulator. Yang terakhir adalah panel surya yang terbuat dari GaAs (*Gallium Arsenide*) yang lebih efisien pada temperatur tinggi. Listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat langsung digunakan atau disimpan lebih dahulu ke dalam batere. Arus listrik yang dihasilkan adalah listrik dengan arus searah (DC) sebesar 3.5 A. Besar tegangan yang dihasilkan adalah 0.4-0.5V. Untuk memperoleh arus bolak balik (AC) diperlukan alat tambahan yang disebut inverter[8].

2.6 LM2596 (Buck Converter)

LM2596 merupakan regulator tegangan step down dengan mode switching yang mampu mengalirkan arus ke beban hingga 3 Ampere. IC ini tersedia dalam versi regulator 3,3 volt, 5 volt, 12 volt dan versi tegangan keluaran yang dapat diatur. LM2596 beroperasi pada frekuensi switching yang tetap yaitu 150 kHz sehingga memperbolehkan penggunaan nilai komponen filter yang lebih kecil dibandingkan regulator switching dengan frekuensi yang lebih rendah. Keuntungan yang paling mendasar dari penggunaan regulator dengan mode



Gambar 2. 22 Rangkaian Modul LM2596 [11]

switching adalah efisiensi. Menurut datasheet LM2596 dari Texas Instrument, penggunaan tegangan masukan 12 VDC untuk memperoleh tegangan keluaran 5 VDC akan menghasilkan efisiensi sebesar 80%, sehingga sumber tegangan masukan dapat bertahan lebih lama jika dibandingkan dengan penggunaan regulator linier. Namun dalam pengaplikasiannya, regulator 25 switching perlu penanganan yang lebih khusus untuk mencegah tegangan transien pada keluarannya. Untuk mengatasi hal ini penggunaan komponen filter dengan Equivalent Series Resistance (ESR) yang sesuai perlu diperhatikan dan teknik grounding yang baik merupakan hal yang wajib diterapkan[11].

2.7 Kebakaran

2.7.1 Klasifikasi Kebakaran Berdasarkan Permenaker

Berdasar Permenaker Nomor : 04/MEN/1980 penggolongan atau pengelompokan jenis kebakaran menurut jenis bahan yang terbakar, dimaksudkan untuk pemilihan media pemadam kebakaran yang sesuai. Pengelompokan itu adalah :

1. Kebakaran kelas (tipe) A, yaitu kebakaran bahan padat kecuali logam, seperti : kertas, kayu, tekstil, plastik, karet, busa dll. yang sejenis dengan itu.

2. Kebakaran kelas (tipe) B, yaitu kebakaran bahan cair atau gas yang mudah terbakar, seperti : bensin, aspal, gemuk, minyak, alkohol, LPG dll. yang sejenis dengan itu.
3. Kebakaran kelas (tipe) C, yaitu kebakaran listrik yang bertegangan
4. Kebakaran kelas (tipe) D, yaitu kebakaran bahan logam, seperti : aluminium, magnesium, kalium, dll. yang sejenis dengan itu [12].

2.7.2 Klasifikasi Kebakaran Menurut NFPA

National Fire Protection Association (NFPA) menetapkan 5 kategori jenis penyebab kebakaran, yaitu kelas A, B, C, D dan K. Bahkan beberapa Negara menetapkan tambahan klasifikasi dengan kelas E. Klasifikasi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Kebakaran Kelas A

Adalah kebakaran yang menyangkut benda-benda padat kecuali logam. Contoh : Kebakaran kayu, kertas, kain, plastik, dsb. Alat/media pemadam yang tepat untuk memadamkan kebakaran kelas ini adalah dengan : pasir, tanah/lumpur, tepung pemadam, foam (busa) dan air .

2. Kebakaran Kelas B

Kebakaran bahan bakar cair atau gas yang mudah terbakar. Contoh : Kerosine, solar, premium (bensin), LPG/LNG, minyak goreng. Alat pemadam yang dapat dipergunakan pada kebakaran tersebut adalah Tepung pemadam (dry powder), busa (foam), air dalam bentuk spray/kabut yang halus.

3. Kebakaran Kelas C

Kebakaran instalasi listrik bertegangan. Seperti : Breaker listrik dan alat rumah tangga lainnya yang menggunakan listrik. Alat Pemadam yang dipergunakan adalah : karbondioksida (CO_2), tepung kering (*dry chemical*). Dalam pemadaman ini dilarang menggunakan media air.

4. Kebakaran Kelas D

Kebakaran pada benda-benda logam padat seperti : magnesium, aluminium, natrium, kalium, dsb. Alat pemadam yang dipergunakan adalah : pasir halus dan kering, dry powder khusus.

5. Kebakaran Kelas K

Kebakaran yang disebabkan oleh bahan akibat konsentrasi lemak yang tinggi. Kebakaran jenis ini banyak terjadi di dapur. Api yang timbul didapur dapat dikategorikan pada api Klas B.

6. Kebakaran kelas E

Kebakaran yang disebabkan oleh adanya hubungan arus pendek pada peralatan elektronik. Alat pemadam yang bisa digunakan untuk memadamkan kebakaran jenis ini dapat juga menggunakan tepung kimia kering (dry powder), akan tetapi memiliki resiko kerusakan peralatan elektronik, karena dry powder mempunyai sifat lengket. Lebih cocok menggunakan pemadam api berbahan clean agent[13].

2.7.3 Indeks Bahaya Kebakaran dan Klasifikasinya

Tingkat Bahaya Kebakaran (FDR) ditentukan oleh Indeks Bahaya Kebakaran (FDI). Indeks tersebut mengkombinasikan laporan historis tingkat kekeringan, berdasarkan curah hujan/ kemarau dan penguapan dengan variabel meteorologi seperti kecepatan angin, suhu udara, dan kelembaban dimana hasilnya berupa nilai numerik – FDI. Nilai 1 (rendah) berarti api tidak akan menimbulkan kebakaran, atau akan menimbulkan kebakaran sangat lambat sehingga mudah dikendalikan, dan Nilai FDI 100 (Ekstrim) berarti api akan menimbulkan kebakaran sangat cepat dan panas sehingga sulit untuk dikendalikan. Klasifikasi Tingkat Bahaya Kebakaran antara lain:

1. Rendah (Hijau)

Api akan menyebar secara perlahan dan dapat padam dengan sendirinya. Kebakaran pada padang rumput pada umumnya mudah dikendalikan dengan alat sederhana

2. Sedang (Biru)
Bahan Bakar hutan (contoh: serasah, ranting, dll) mengering dan terjadi peningkatan risiko kebakaran, kegiatan operasional lapangan harus dilakukan dengan waspada.
3. Tinggi (Kuning)
Bahan bakar hutan (contoh: serasah, ranting, dll) sangat kering dan risiko terjadinya kebakaran tinggi. Kebakaran dapat terjadi dengan mudah, membakar dengan cepat, dan upaya pemadaman akan sulit dilakukan.
4. Ekstrim (Merah)
Bahan Bakar hutan (contoh: serasah, ranting, dll) sangat kering sekali dan risiko terjadinya kebakaran sangat tinggi. Kebakaran dapat terjadi sangat mudah, membakar sangat cepat, dan upaya pemadaman sangat sulit dilakukan[13].

2.8 Kandungan Asap Kebakaran Hutan

2.8.1 Komposisi Asap

Asap merupakan perpaduan atau campuran karbon dioksida, air, zat yang terdifusi di udara, zat partikulat, hidrokarbon, zat kimia organik, nitrogen oksida dan mineral. Ribuan komponen lainnya dapat ditemukan tersendiri dalam asap. Komposisi asap tergantung dari banyak faktor, yaitu jenis bahan pembakar, kelembaban, temperatur api, kondisi angin dan hal lain yang mempengaruhi cuaca, baik asap tersebut baru atau lama. Jenis kayu dan tumbuhan lain yang terdiri dari selulosa, lignin, tanin, polifenol, minyak, lemak, resin, lilin dan tepung, akan membentuk campuran yang berbeda saat terbakar. Materi partikulat atau *Particulate Matter* (PM) merupakan bagian penting dalam asap kebakaran untuk pajanan jangka pendek (jam atau mingguan). Materi partikulat adalah partikel tersuspensi, yang merupakan campuran partikel *solid* dan *droplet* cair. Karakteristik dan pengaruh potensial materi partikulat terhadap kesehatan tergantung pada sumber, musim, dan keadaan cuaca[12].

2.8.2 Karakteristik Asap Kebakaran Hutan

Asap biomassa yang keluar pada kebakaran hutan mengandung beberapa komponen yang dapat merugikan kesehatan baik dalam bentuk gas maupun partikel. Komponen gas dalam biomassa besar yang mengganggu kesehatan adalah karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), nitrogen dioksida (NO₂), dan aldehyd. Beberapa senyawa lain seperti ozon (O₃), karbon dioksida (CO₂) dan hidrokarbon juga mempunyai dampak buruk terhadap paru. Berbagai jenis gas golongan nitrit dan nitrogen organik bisa terbang jauh dan dapat dikonversi menjadi gas lain seperti ozon atau menjadi partikel dan nitrit organik. Partikel akibat asap kayu yang terbakar hampir seluruhnya berukuran <1 µm, sebagian besar antara 0,15 sampai 0,4 µm. Polusi di dalam rumah mempunyai dampak lebih besar karena penghuni rumah akan terpajan asap dalam konsentrasi tinggi selama bertahun-tahun. Paparan kebakaran hutan biasanya berlangsung selama 4 – 5 bulan dalam setahun dan intensitasnya tergantung pada luas kebakaran hutan[12].

BAB 3

PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem meliputi perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras terbagi meliputi perangkat mekanik dan elektrik, Perangkat keras berguna mendapatkan data sensor untuk diolah dengan Jaringan Syaraf Tiruan. Sensor yang digunakan merupakan sensor semikonduktor TGS 2600, MQ-7, dan MQ-2. Ketiga sensor ini sensitive dengan udara yang terkontaminasi seperti, *gas methane, Carbon monoxide, Iso-butane, ethanol, dan hydrogen* sehingga bisa digunakan untuk mendeteksi asap kebakaran hutan.

Perangkat lunak meliputi program STM32F4-Discovery dan Jaringan Syaraf Tiruan menggunakan *software keil uvision*. Jaringan Syaraf Tiruan adalah sistem yang digunakan untuk menentukan apakah asap yang dideteksi termasuk asap kebakaran hutan atau bukan. Bab ini menjelaskan secara keseluruhan dan desain tiap – tiap blok yang ada. Perangkat sistem ini didesain dengan sumber 12 volt dari sistem panel surya untuk kipas penghisap udara dan 5 volt untuk STM32F4-Discovery dan *driver* ketiga sensor.

3.1 Diagram Blok Sistem

Secara umum sistem ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras meliputi perancangan perangkat elektrik, dan perangkat mekanik. Perangkat lunak meliputi program STM32F4 dan Jaringan Syaraf Tiruan menggunakan *software keil uvision*

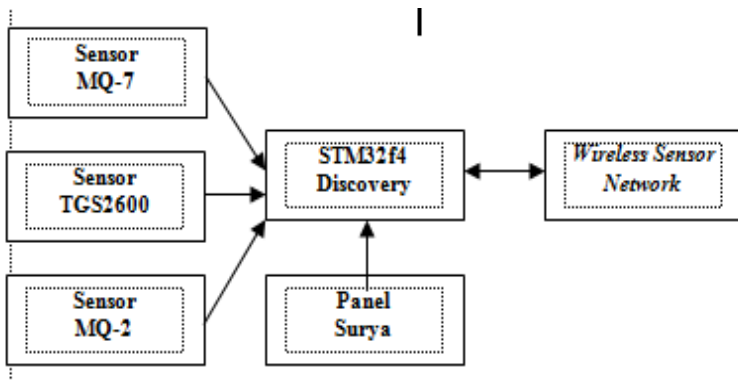
Sistem kerja alat ini adalah ketiga sensor mendeteksi asap yang diujikan. Proses *interface* yaitu pada LCD 20x4 dengan masing-masing tegangan dari sensor dan peringatan apakah asap hutan atau bukan. Output dari sensor berupa tegangan, tegangan ini adalah data analog yang akan di inputkan ke STM32f4-discovery. Setelah diinputkan pada STM32f4-discovery maka data dari ketiga sensor tersebut akan diolah pada sistem Jaringan Syaraf Tiruan. Pada sistem Jaringan Syaraf Tiruan

ini akan menentukan jenis asap apa yang terdeteksi. Asap kebakaran hutan atau bukan.

Output dari sistem ini berupa data sesuai dengan asap yang terdeteksi. Jika yang terdeteksi bukan asap hutan maka keluaran STM32f4-discovery berupa angka 0 atau dengan kata lain *wireless sensor network* tidak aktif karena STM32f4-Discovery tidak mengirim data serial ke WSN. Jika yang terdeteksi adalah asap kebakaran hutan, maka keluaran dari STM32f4-discovery adalah angka 1 atau dengan kata lain *wireless sensor network* akan aktif karena STM32f4-discovery mengirim data serial tersebut ke WSN..

3.2 Perancangan Perangkat Keras

Perangkat Keras terdiri dari perangkat elektrik saja. Perangkat elektrik meliputi panel surya ,rangkaian *sensor*, STM32F4, LCD 20x4, dan mengirim data ke WSN.



Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem *Sensor Node*

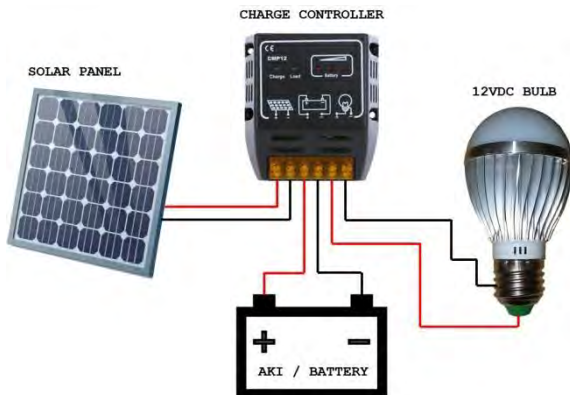
3.2.1 Perangkat elektrik

Perangkat elektrik terdiri atas *power supply*, rangkaian sensor, STM32f4-Discovery, LCD 20x4, dan pengiriman data ke WSN.

3.2.1.1 Panel Surya

Panel surya pada sistem ini berfungsi sebagai suplai, dimana *power supply* adalah perangkat elektronika yang menyuplai sumber listrik ke perangkat elektronika lainnya.

Rangkaian di atas adalah rangkaian keseluruhan dari panel surya. Tegangan yang dihasilkan oleh panel surya ini maksimal adalah 35 volt dalam keadaan panas matahari diterima secara maksimal. Panel surya ini nanti akan terhubung ke *charge controller* yang berfungsi untuk menstabilkan tegangan pada nilai 12 volt. Kelebihan dari panas matahari yang diterima akan disimpan pada baterai atau aki, sehingga pada malam hari ketika tidak ada panas matahari sistem diharapkan akan tetap bekerja. Dari *charge controller*, tegangan akan langsung diterima oleh sistem dan dibagi menjadi 2 bagian, yaitu 12 volt untuk kipas penghisap udara dan 5 volt untuk STM32f4-Discovery serta deret sensor gas

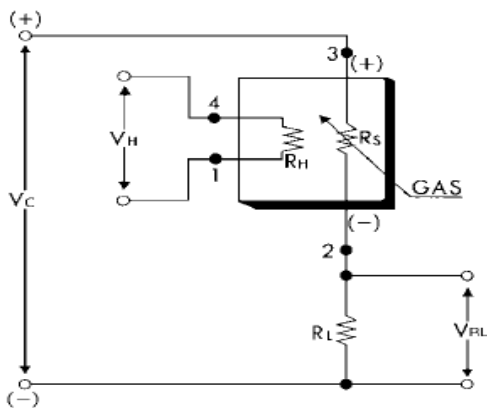


Gambar 3. 2 Sistem Panel Surya

3.2.1.2 Rangkaian Deret Sensor Gas

Rangkaian deret sensor gas adalah rangkaian 3 macam sensor untuk melihat karakteristik masing – masing jenis asap dari tegangan output yang dihasilkan. Perangkat elektrik ini diperlukan untuk mendapatkan tegangan yang stabil dari masing- masing jenis asap yang dideteksi. Ketiga sensor diatas menggunakan rangkaian berupa *voltage divider* atau rangkaian pembagi tegangan. Rangkaian ini berfungsi mengatur tegangan V_{out} atau V_{rl} saat ketiga sensor sedang mendeteksi asap atau tidak seperti pada gambar 3.4. Ketika sensor diaktifkan nilai tegangan ketiga sensor akan naik sesuai dengan jenis asap yang dideteksi, ketika tidak mendeteksi gas kembali tegangan V_{out} turun secara perlahan.

Sesuai dengan pernyataan di dasar teori pada bab dua bahwa ketiga sensor gas tersebut membutuhkan dua sumber tegangan, yaitu tegangan pemanas (V_H) dan tegangan rangkaian sensor (V_C). Tegangan pemanas dipakai pada pemanas terintegrasi untuk mempertahankan elemen sensor pada suhu tertentu yang optimal. Tegangan sirkuit digunakan untuk memungkinkan pengukuran tegangan (V_{RL}) antar



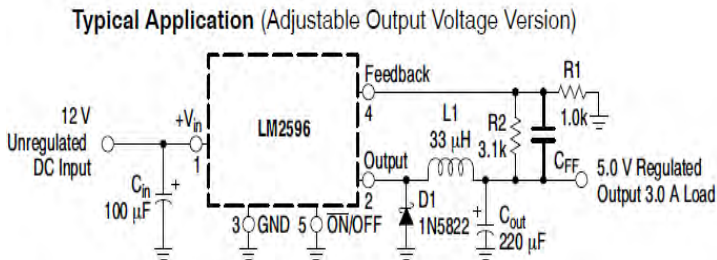
Gambar 3. 3 Rangkaian Pembagi Tegangan pada Sensor Gas

kedua terminal tahanan beban (R_L) yang dihubungkan seri dengan sensor. Konsumsi daya (P_s) pada masing – masing sensor berbeda.

3.2.1.3 STM32f4-Discovery

Dalam tugas akhir ini menggunakan STM32f4-discovery. Tegangan *output* dari ketiga sensor berupa data analog. Fungsi dari STM32F4 ini untuk mengkonversi data analog menjadi digital dengan memanfaatkan ADC internal dengan resolusi 12 bit dan mengolahnya menjadi *input* dari Jaringan Syaraf Tiruan. Namun, yang perlu diperhatikan adalah tegangan *input* maksimal pin ADC dari STM32f4-discovery adalah 3,3 volt sedangkan tegangan *output* maksimal dari ketiga sensor gas adalah 5 volt. Oleh karena itu, perlu dipasang rangkaian pembagi tegangan dari *output* ketiga sensor sehingga sebelum masuk STM32f4-discovery tegangan maksimal hanya 3,3 volt dan tidak akan merusak STM32f4-discovery itu sendiri.

STM32f4-discovery membutuhkan suplai daya dengan tegangan tetap 5 volt. Dalam sistem ini, rangkaian *power supply* yang berasal dari panel surya akan diregulasi tegangannya oleh LM2596 (*buck converter*) menjadi 5 volt dengan arus maksimal sebesar 3 A.

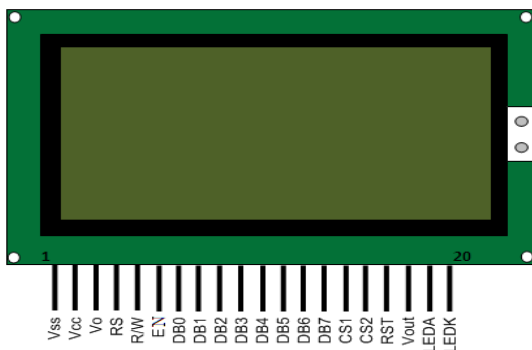


Gambar 3. 4 Rangkaian LM2596 (*buck converter*)

Proses pemrograman STM32F4-discovery menggunakan *software keil uvision5*. Proses *download* program dari komputer ke STM32F4-discovery cukup menggunakan USB to miniUSB. Sensor yang digunakan berjumlah tiga yaitu sensor TGS2600, MQ-7, dan MQ-2. Ketiga sensor itu masing – masing menggunakan port A1, A0 dan A5. Tombol *reset* pada STM32F4-discovery dapat digunakan untuk mereset program di dalam STM32F4-discovery. STM32F4-discovery juga berfungsi mengirim pulsa *high* atau *low* pada *wireless sensor network* dengan menggunakan port G13.

3.2.1.4 LCD 20x4

LCD 20x4 berfungsi untuk menampilkan tegangan analog yang dibaca oleh sensor dan menampilkan apakah asap yang terdeteksi asap kebakaran hutan atau bukan. Pada baris pertama digunakan untuk menampilkan tegangan sensor MQ-7, baris kedua menampilkan tegangan sensor TGS2600, baris ketiga menampilkan tegangan sensor MQ-2, dan baris keempat menampilkan status apakah asap kebakaran hutan atau bukan. Suplai tegangan untuk LCD 20x4 sebesar 5 volt yang berasal dari STM32f4-discovery.



Gambar 3. 5 Tampilan LCD 20x4

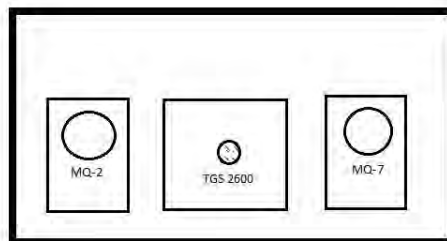
Berikut ini adalah tabel daftar pin LCD 20x4 yang terhubung dengan STM32f4-discovery:

Tabel 3. 1 Tabel pin LCD 20x4

Pin	Port STM32f4
Vss	Gnd
Vdd	Vcc
Vout	Vcc
RS	D10
R/W	Gnd
E	D9
DB4	B15
DB5	B13
DB6	B11
DB7	E15
K	Gnd
A	Vcc

3.2.1.5 Perancangan Posisi Sensor

Posisi ketiga sensor akan ditempatkan pada satu kotak kecil yang tertutup. Tujuan dari peletakan ini adalah asap bisa terkonsentrasi ketiga sensor sehingga tegangan *output* sensor bisa stabil sesuai dengan jenis asap yang terdeteksi. Kotak kecil ini akan diberi pipa sebagai saluran untuk tempat masuknya asap dan lubang kecil –kecil untuk sebagai tempat sirkulasi udara dan asap.



Gambar 3. 6 Kotak tempat ketiga sensor

Dalam proses *running* diperlukan juga kipas penyedot yang diletakkan di ujung dalam pipa untuk menarik asap melewati dalam kotak sehingga sensor menerima asap yang lebih banyak. Proses ini membantu sensor untuk lebih stabil.

3.3. Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang dirancang terdiri atas hanya perangkat lunak pada STM32F4-discovery. Perangkat lunak pada STM32F4 berupa perangkat lunak untuk melakukan proses ADC sebagai konversi data sensor analog menjadi data digital dan pemrosesan input berupa data digital sensor yang telah dikonversi untuk diolah dengan Jaringan Syaraf Tiruan dan menampilkan data analog berupa tegangan ketiga sensor pada LCD.

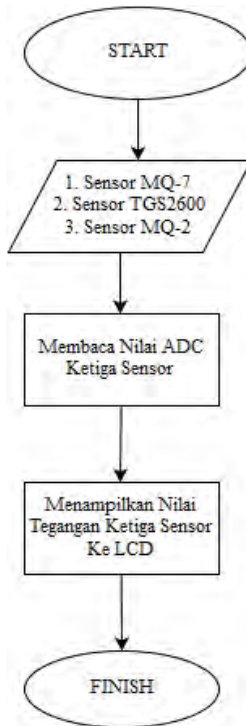
3.3.1. Pembacaan Nilai Tegangan pada STM32f4 Discovery

Perangkat lunak STM32 secara umum digunakan untuk mengkonversikan data *analog* menjadi data *digital* dengan memanfaatkan ADC internal sebesar 12 bit. Proses ini menggunakan *software keil uvision5* dalam proses program data sensor dan Jaringan Syaraf Tiruan. Perangkat lunak STM32F4 menggunakan clock 12 MHz, *USART transmitter* dengan *Baud Rate* 115200, dan ADC yang digunakan 12 bit.

Dalam tugas akhir ini menggunakan ADC dengan kemampuan membaca hingga 12 bit, sehingga perhitungan nilai tegangan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Nilai Tegangan} = \frac{\text{Nilai Kuantisasi} \times 3.3}{5} \quad (3.1)$$

Dan dalam aplikasi program pembacaan data sensor adalah sebagai berikut:



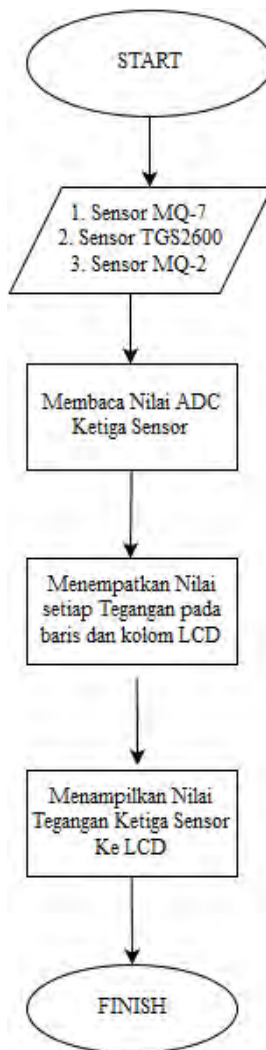
Gambar 3. 7 *Flowchart* pembacaan nilai ADC Sensor

Dari program di atas port yang digunakan adalah PA0, PA1, dan PA5. Setelah tegangan analog dibaca oleh STM32f4-discovery, maka proses selanjutnya adalah mengalikan tegangan digital dengan 3.3 agar tegangan yang dikeluarkan di LCD besarnya sama dengan tegangan pada sensor.

3.3.2 Menampilkan Hasil Pembacaan ADC pada LCD 20x4

Menampilkan hasil pembacaan ADC pada LCD 20x4 bertujuan untuk memonitoring secara waktu nyata berapa tegangan keluaran masing – masing sensor dan melihat karakteristik tegangan masing –

masing sensor terhadap asap tertentu. Berikut ini adalah *flowchart* menampilkan hasil pembacaan ADC ke LCD 20x4:

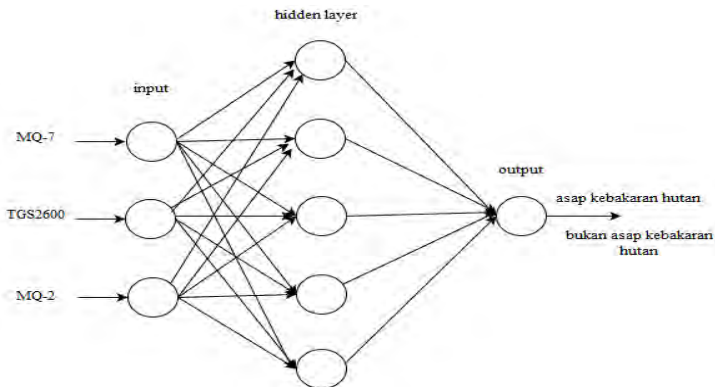


Gambar 3. 8 *Flowchart* Menampilkan Pembacaan ADC ke LCD

Dari banyak program di atas dapat dijelaskan bahwa langkah pertama adalah menginisiasi display, `display1`, dst kemudian diinisiasi juga LCD 20x4 yang pada STM32f4-discovery ini bernama HD44780. Pada program selanjutnya adalah program untuk menampilkan hasil pembacaan ketiga sensor. Nilai yang akan ditampilkan berupa *float* dan dibatasi 2 angka di belakang koma. Program yang terakhir adalah menampilkannya ke LCD. Hasil konversi ditampilkan sesuai dengan baris dan kolom yang bisa diatur sesuai dengan kebutuhan. Pada program di atas hasil konversi ketiga sensor ditampilkan pada kolom 1 dan baris 1,2, 3.

3.3.3 Proses Jaringan Syaraf Tiruan

Proses dari Jaringan Syaraf Tiruan disini untuk menentukan asap yang terdeteksi apakah asap kebakaran hutan atau bukan. Penentuan asap kebakaran hutan atau dilihat dari karakteristik tegangan *output* masing – masing sensor terhadap asap yang dideteksi. Setelah terdeteksi berapa tegangan pada masing – masing sensor maka akan dilakukan proses *training* atau latihan secara perhitungan matematis untuk menentukan W (bobot) masing – masing sensor dan B (*bias*).



Gambar 3. 9 Sistem Jaringan Syaraf Tiruan

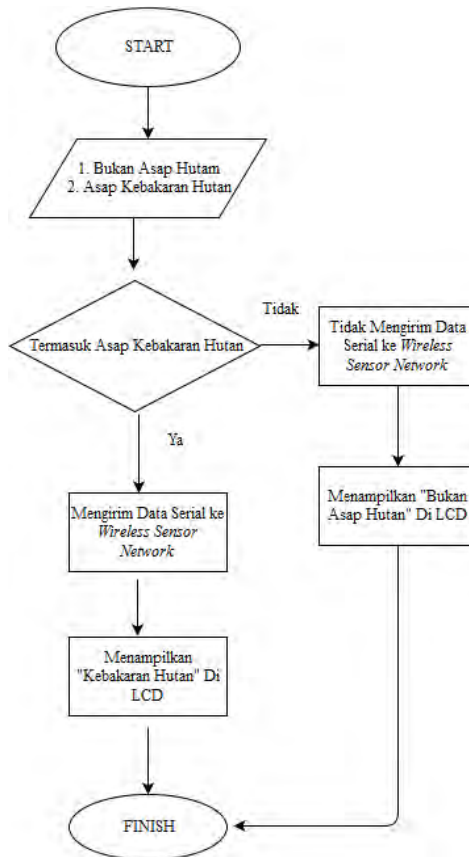
Pada sistem Jaringan Syaraf Tiruan ini digunakan tiga layer dengan layer *input*, layer tersembunyi, dan layer *output*. Untuk fungsi aktivasi digunakan fungsi aktivasi sigmoid pada layer tersembunyi dan . Fungsi aktivasi hardlim ini cara kerjanya adalah bila nilai *output* $a = 0$ maka bukan asap kebakaran hutan. Jika nilai *output* $a = 1$ maka asap kebakaran hutan. Berikut ini adalah *flowchart* dari Jaringan Syaraf Tiruan:



Gambar 3. 10 *Flowchart* Proses Jaringan Syaraf Tiruan.

3.3.4 Proses Pengiriman Pulsa ke Wireless Sensor Network

Proses ini merupakan kelanjutan dari proses Jaringan Syaraf Tiruan. Proses ini akan mengirimkan data serial ke *Wireless Sensor Network*. Pulsa yang dikirimkan akan menentukan bagaimana WSN akan bekerja. Berikut ini adalah program dari pengiriman pulsa ke WSN:



Gambar 3. 11 Flowchart Pengiriman Data Serial Ke WSN

Pada program di atas adalah program saat yang terdeteksi asap kebakaran hutan. Ketika tidak terdeteksi asap kebakaran hutan maka STM32f4-discovery akan mengirim pulsa *low* sehingga WSN tetap dalam mode *sleep* atau tidak bekerja. Ketika yang terdeteksi asap hutan maka akan dibagi menjadi 3 macam, yaitu kebakaran kecil, kebakaran sedang, dan kebakaran besar seperti pada program di atas. Yang membedakan antara ketiga macam jenis kebakaran hutan tersebut adalah tegangan ketiga sensor yang diatur dengan batas tertentu. Semakin besar tegangan maka asap yang terdeteksi semakin pekat artinya kebakaran juga semakin besar.

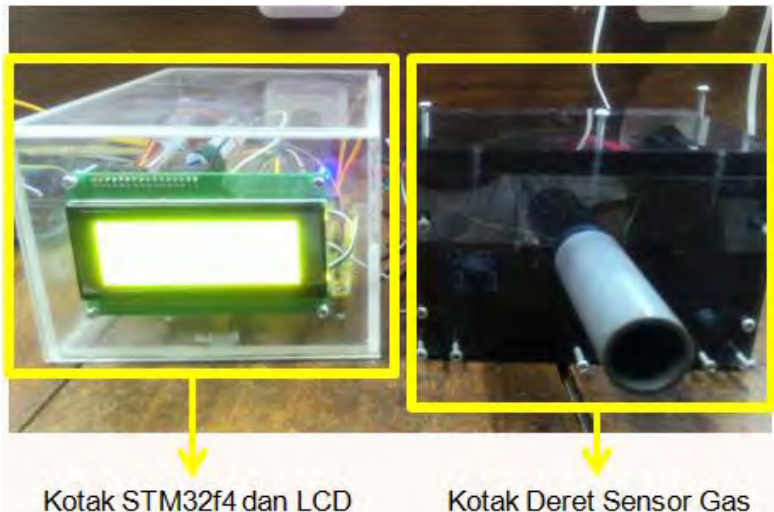
BAB 4

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian sistem deteksi asap kebakaran hutan ini dibagi menjadi beberapa tahap bagian, dimulai dari pengujian perangkat keras, dan perangkat lunak. Tujuan dari pengujian keseluruhan sistem ini untuk mendapatkan parameter atau evaluasi performa dari perancangan sistem deteksi asap kebakaran hutan ini.

4.1 Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras dilakukan dengan menguji hasil output dari tiap sub rangkaian elektrik secara keseluruhan. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian dari *supply* dari LM2596 (*buck converter*) dan pengujian rangkaian deret sensor gas. Pengujian dilakukan agar memenuhi batasan – batasan masalah pada tugas akhir ini.



Gambar 4. 1 Realisasi Alat

4.1.1 Pengujian Supply Keseluruhan Sistem

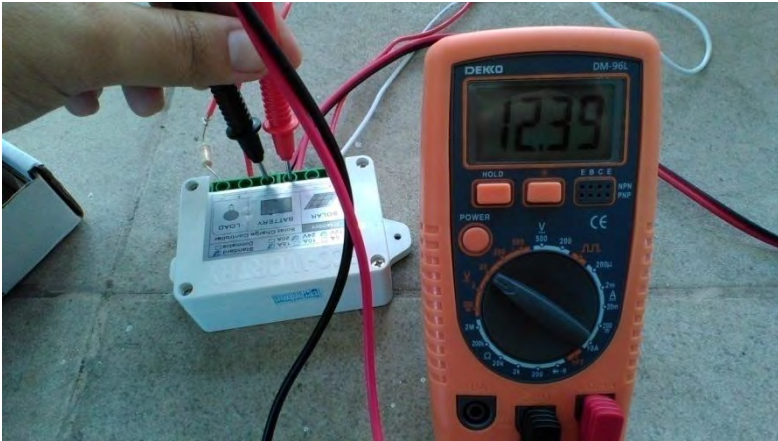
Rangkaian *power supply* merupakan rangkaian terpenting yang digunakan sebagai sumber daya dari seluruh sub rangkaian elektrik. Rangkaian *supply* sistem ini berasal dari panel surya. Panel surya diujicobakan pada beberapa waktu tertentu. Hasil dari pengujian dari panel surya pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. 1 Pengujian *Output* Panel Surya

Jam	Arus (mA)	Resistor (Ohm)	Tegangan (Volt)
13.30	130	100	13
14.30	108,5	100	10,85
15.00	50	100	5
15.30	37,3	100	3,73
16.00	34,1	100	3,41



Gambar 4. 2 Pengujian Panel Surya



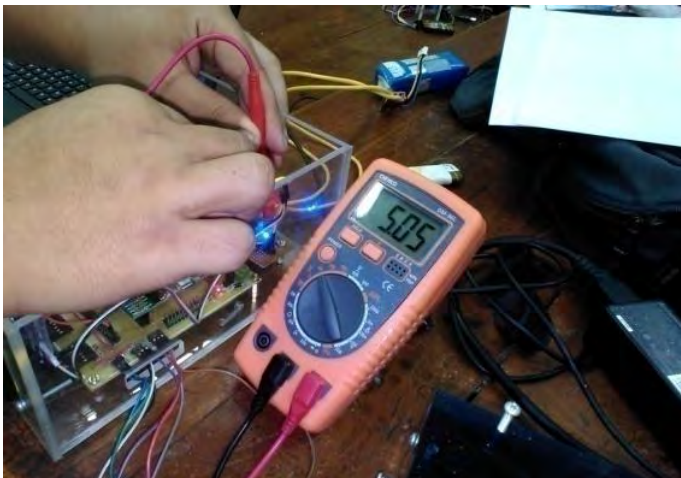
Gambar 4. 3 Output *Battery Charge Controller*

Dikarenakan tegangan *output* panel surya tidak bisa stabil, maka digunakan *battery charge controller* (BCU) untuk membuat *output* dari panel surya stabil pada tegangan 12V. Kelebihan tegangan dari panel surya akan disimpan di aki sehingga pada malam hari ketika tidak ada cahaya matahari yang diserap oleh panel surya, sistem akan tetap bekerja seperti biasa.

Rangkaian dari BCU ini langsung terhubung ke rangkaian sistem sebagai inputnya. Input yang dibutuhkan oleh sistem adalah tegangan DC 12V dan 5V. Hasil dari pengujian ditunjukkan pada tabel 4.2

Tabel 4. 2 Pengujian Rangkaian *supply*

Vin (Volt)	Hasil Pengukuran Vout(Volt)
12.00	5.05
12.00	12.12

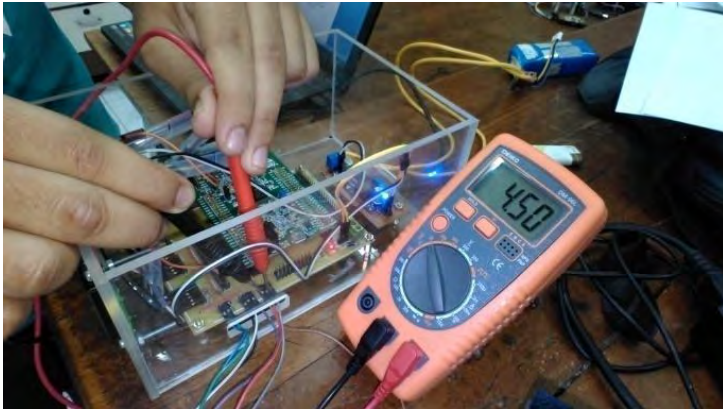


Gambar 4. 4 Pengujian Vout

Untuk mendapatkan tegangan 5 volt pada rangkaian *power supply* menggunakan IC LM2596 (*buck converter*). Dari hasil pengujian seperti pada tabel 4.2, terdapat error pada Vout 5volt dan 12 volt. Namun hal ini masih bisa ditoleransi karena tegangan masih berkisar antara 4.8volt – 5.2volt.

4.1.2 Pengujian Rangkaian Deret Sensor Gas

Rangkaian sensor merupakan rangkaian pembagi tegangan sensor MQ-7, TGS 2600, dan MQ-2. .Pada pengujian ini tegangan masukan pada rangkaian sensor 5 Volt. Hal yang di uji dari Rangkaian sensor adalah Vin, dan tegangan stabil pada sensor. Pengujian ini diperlihatkan pada gambar 4.2.



Gambar 4. 5 Vin sensor

Uji rangkaian deret sensor gas ini masih berkisar di sekitar 5 volt dan masih dalam batas toleransi meskipun ada sedikit error. Error ini tidak berpengaruh pada kinerja dari ketiga sensor tersebut.

4.1.3 Pengujian Deret Sensor Gas

Pengujian deret sensor gas ini meliputi tiga pengujian, yaitu ketika diberi asap kebakaran hutan, asap rokok, dan asap kendaraan bermotor. Pengujian dilakukan dengan mendekatkan ketiga sensor pada sumber asap. Yang dilihat dari ketiga sensor adalah karakteristik tegangan *output* yang dihasilkan oleh masing – masing sensor terhadap asap yang dideteksi. Tegangan *output* bisa ditampilkan setelah adanya pembacaan nilai ADC pada masing – masing sensor. Berikut adalah list program ADC pada software *keil uvision*:

```
baca_sensor[0]=TM_ADC_Read(ADC1, ADC_Channel_0); //sensor
mq7
baca_sensor[1]=TM_ADC_Read(ADC1, ADC_Channel_1); //sensor
tgs2600
baca_sensor[2]=TM_ADC_Read(ADC1, ADC_Channel_5); //sensor m
```



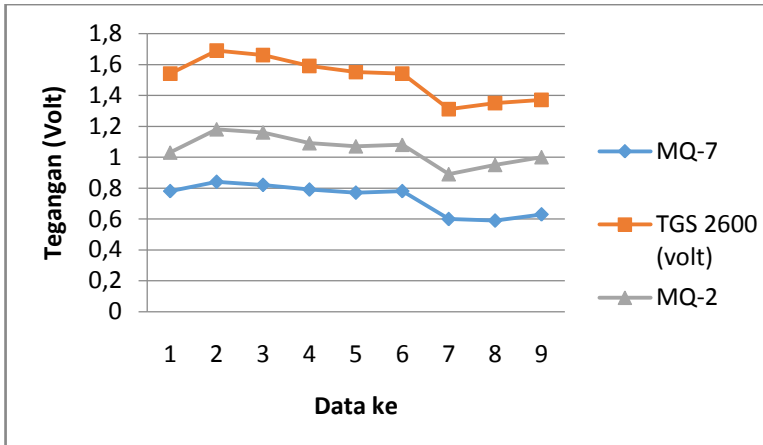
Gambar 4. 6 Pengujian Asap Kebakaran Hutan

```
sensor[0]= (baca_sensor[0]/4096)*3.3;
sensor[1]= (baca_sensor[1]/4096)*3.3;
sensor[2]= (baca_sensor[2]/4096)*3.3;
```

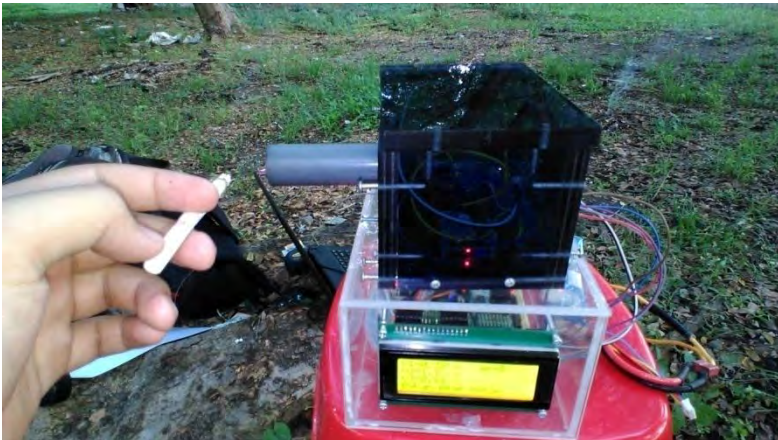
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian terhadap Asap Kebakaran Hutan

Data	MQ-7 (volt)	TGS 2600 (volt)	MQ-2 (volt)
1	0,78	1,54	1,03
2	0,84	1,69	1,18
3	0,82	1,66	1,16
4	0,79	1,59	1,09
5	0,77	1,55	1,07
6	0,78	1,54	1,08
7	0,60	1,31	0,89
8	0,59	1,35	0,95
9	0,63	1,37	1,00

Berdasarkan data pada tabel 4.3 tegangan pada masing-masing sensor cukup stabil pada nilai-nilai tersebut ketika mendeteksi asap kebakaran hutan.



Gambar 4. 7 Grafik Tegangan Asap Kebakaran Hutan

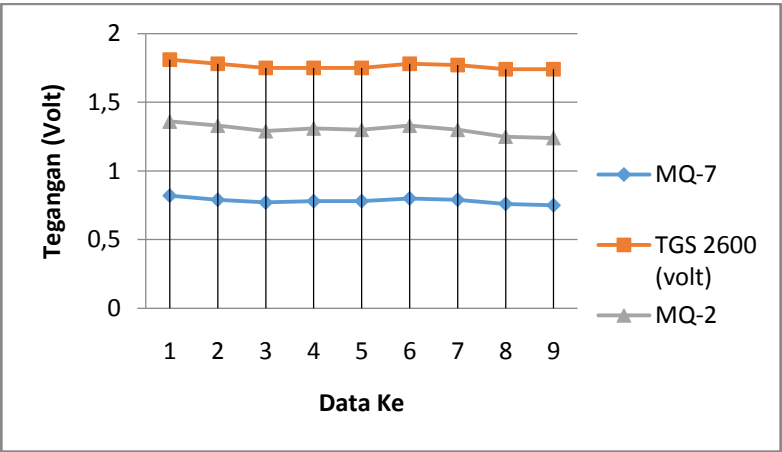


Gambar 4. 8 Pengujian Asap Rokok

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian terhadap Asap Rokok

Data	MQ-7 (volt)	TGS 2600 (volt)	MQ-2 (volt)
1	0,82	1,81	1,36
2	0,79	1,78	1,33
3	0,77	1,75	1,29
4	0,78	1,75	1,31
5	0,78	1,75	1,30
6	0,80	1,78	1,33
7	0,79	1,77	1,30
8	0,76	1,74	1,25
9	0,75	1,74	1.24

Berdasarkan data pada tabel 4.4, tegangan pada masing-masing sensor cukup stabil pada nilai-nilai tegangan tersebut ketika mendeteksi asap rokok



Gambar 4. 9 Grafik Tegangan Asap Rokok

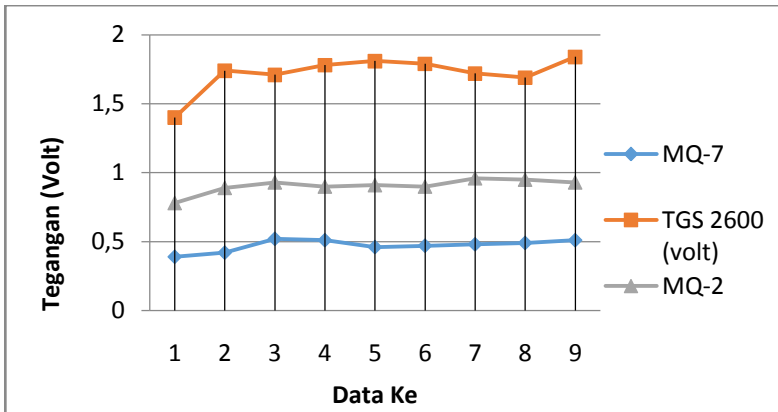


Gambar 4. 10 Pengujian Asap Kendaraan Bermotor

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian terhadap Asap Kendaraan Bermotor

Data	MQ-7 (volt)	TGS 2600 (volt)	MQ-2 (volt)
1	0,39	1,40	0,78
2	0,42	1,74	0,89
3	0,52	1,71	0,93
4	0,51	1,78	0,90
5	0,46	1,81	0,91
6	0,47	1,79	0,90
7	0,48	1,72	0,96
8	0,49	1,69	0,95
9	0,51	1,84	0,93

Berdasarkan data pada tabel 4.5, tegangan pada masing-masing sensor cukup stabil pada nilai-nilai tegangan tersebut ketika mendeteksi asap kendaraan bermotor.



Gambar 4. 11 Grafik Tegangan Asap Motor

4.1.4 Pengujian Sistem Jaringan Syaraf Tiruan

Data dari tabel di atas dimasukkan ke proses *training* Jaringan Syaraf Tiruan dan dilakukan perhitungan secara matematis agar bisa dihasilkan nilai $W1$, $b1$, $W2$, dan $b2$.

Dari data $W1$, $b1$, $W2$, dan $b2$ di atas, maka data tersebut akan diinputkan pada program di STM32f4-discovery. Tujuan dari menginputkan data di atas adalah mendapatkan nilai output $a1$ pada layer tersembunyi dengan fungsi aktivasi sigmoid. Nilai $a1$ akan menjadi nilai masukan atau input pada layer output. Dari layer output akan diproses kembali dengan fungsi aktivasi linier dan akan mendefinisikan apakah asap yang terdeteksi termasuk asap kebakaran hutan atau bukan. Jika nilai $a == 1$, maka asap yang terdeteksi termasuk asap kebakaran hutan. Namun jika $a == 0$, maka asap yang terdeteksi bukan asap kebakaran hutan. Berikut ini adalah tabel dan program untuk Jaringan Syaraf Tiruan:

Tabel 4. 6 Hasil *training* untuk menentukan bobot dan bias

Pengu jian	W1			b1	W2	b2
1	6,2124	0,2202	1,0269	1,0063	3,4922	-0,7766
	4,3092	3,2376	12,6063	-3,4185	-5,1383	
	-1,9428	-0,2655	0,9112	-0,8459	0,4640	
	7,3695	0,0017	1,0983	2,7977	4,5317	
	-1,1196	1,2790	-0,0398	-0,7513	-0,7731	
2	9,4341	0,2844	-1,5528	4,5844	6,7263	0,1873
	0,8338	0,9051	3,0477	-1,3439	-1,2084	
	-4,1231	-1,7904	0,8352	-1,2099	-1,8225	
	6,0890	1,7634	-0,7489	2,1679	4,3397	
	0,4496	6,6088	11,3321	3,1740	-5,7097	
3	2,7683	-1,3047	-0,2642	-0,0945	1,7059	-1,1471
	4,4788	0,4923	0,3310	-0,7287	1,8279	
	8,1210	-0,2065	1,9590	3,1797	5,8401	
	1,8958	0,6337	-0,5421	-0,8877	0,6668	
	0,8868	1,9159	14,3835	-3,6910	-5,3842	
4	-1,8652	1,0689	-6,3421	0,3344	3,2915	-4,5008
	0,0455	-1,0576	0,0893	-2,2069	-0,2786	
	-0,4902	-2,1638	0,1724	-2,1951	-1,0138	
	1,1491	-2,0831	0,4622	-2,5536	-0,7053	
	12,5148	-0,0453	-7,8887	6,3140	3,7956	
5	1,2133	-1,1483	0,7151	-1,0878	0,7520	4,0913
	0,3671	3,6477	15,8003	-5,7073	-4,7170	
	2,9623	-0,6521	0,2429	-0,5013	1,8862	
	5,1940	-2,6061	-1,3629	2,3315	4,0404	
	-6,4162	-0,4839	-2,3812	-1,6291	-5,3054	
6	0,0781	-1,6144	0,6562	-1,8369	-1,1176	-4,3345
	1,6071	-2,2803	0,7171	-1,6228	-1,0927	
	0,5353	-0,9903	-0,3337	-1,9438	-0,1586	
	-1,2287	1,6299	-5,7906	-0,0045	3,0971	
	13,6120	-0,4433	-9,4873	7,1058	3,7849	
7	6,2124	0,2202	1,0269	1,0063	3,4922	-0,7766
	4,3092	3,2376	12,6063	-3,4185	-5,1383	
	-1,9428	-0,2655	0,9112	-0,8459	0,4640	
	7,3695	0,0017	1,0983	2,7977	4,5317	
	-1,1196	1,2790	-0,0398	-0,7513	-0,7731	

```

w1[0][0]= 9.4341;
    w1[1][0]= 0.8338;
    w1[2][0]= -4.1231;
    w1[3][0]= 6.0890;
    w1[4][0]= 0.4496;
    w1[0][1]= 0.2844;
    w1[1][1]= 0.9051;
    w1[2][1]= -1.7904;
    w1[3][1]= 1.7634;
    w1[4][1]= 6.6088;
    w1[0][2]= -1.5528;
    w1[1][2]= 3.0477;
    w1[2][2]= 0.8352;
    w1[3][2]= -0.7489;
    w1[4][2]= 11.3321;

    b1[0]= 4.5844;
    b1[1]= -1.3439;
    b1[2]= -1.2099;
    b1[3]= 2.1679;
    b1[4]= 3.1740;

    w2[0]= 6.7263;
    w2[1]= -1.2084;
    w2[2]= -1.8225;
    w2[3]= 4.3397;
    w2[4]= -5.7097;

    b2[0]= 0.1873;
//nilai p(input)
    p[0] = sensor[0];
    p[1] = sensor[1];
    p[2] = sensor[2];

// normalisasi input
a0[0] = 2*(p[0]-0.3)/(3-0.3)-1;
a0[1] = 2*(p[1]-0.3)/(3-0.3)-1;
a0[2] = 2*(p[2]-0.3)/(3-0.3)-1;

```

```

// layer pertama
n1[0] = (w1[0][0]*a0[0]+b1[0]) + (w1[0][1]*a0[1]+b1[0]) +
(w1[0][2]*a0[2]+b1[0]);
n1[1] = (w1[1][0]*a0[0]+b1[1]) + (w1[1][1]*a0[1]+b1[1]) +
(w1[1][2]*a0[2]+b1[1]);
n1[2] = (w1[2][0]*a0[0]+b1[2]) + (w1[2][1]*a0[1]+b1[2]) +
(w1[2][2]*a0[2]+b1[2]);
n1[3] = (w1[3][0]*a0[0]+b1[3]) + (w1[3][1]*a0[1]+b1[3]) +
(w1[3][2]*a0[2]+b1[3]);
n1[4] = (w1[4][0]*a0[0]+b1[4]) + (w1[4][1]*a0[1]+b1[4]) +
(w1[4][2]*a0[2]+b1[4]);

a1[0] = 1/(1+pow(exp1,(-n1[0])));
a1[1] = 1/(1+pow(exp1,(-n1[1])));
a1[2] = 1/(1+pow(exp1,(-n1[2])));
a1[3] = 1/(1+pow(exp1,(-n1[3])));
a1[4] = 1/(1+pow(exp1,(-n1[4])));

// layer kedua
n2[0] = (w2[0]*a1[0] + w2[1]*a1[1] + w2[2]*a1[2] + w2[3]*a1[3] +
w2[4]*a1[4]) + b2[0];
a2[0] = n2[0];

//denormalisasi input
a_out[0] = 0.5*(a2[0]+1);

//pembulatan a_out
a_final = round(a_out[0]);

```

Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Jaringan Syaraf Tiruan

Percobaan	Asap Kebakaran Hutan	Asap Rokok	Asap Kendaraan Bermotor
1	Berhasil	Berhasil	Berhasil
2	Berhasil	Berhasil	Berhasil
3	berhasil	Berhasil	Berhasil
4	Berhasil	Berhasil	Berhasil

5	Berhasil	Berhasil	Berhasil
6	Berhasil	Berhasil	Berhasil
7	Berhasil	Berhasil	Berhasil

Dari tabel pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa sistem Jaringan Syaraf Tiruan tiga layer dengan fungsi aktivasi sigmoid pada layer tersembunyi dan fungsi aktivasi linier pada layer output ini bisa mendeteksi jenis asap secara baik. Dari 7 kali percobaan yang dilakukan dengan nilai W1, b1, W2, dan b2 yang berbeda, tidak terdapat error terhadap asap kebakaran hutan, asap rokok, maupun asap kendaraan bermotor.

4.1.5 Pengiriman Data Serial ke *Wireless Sensor Network*

Sistem ini juga terhubung dengan *Wireless Sensor Network* dan mengirimkan data asap yang terdeteksi melalui komunikasi serial. Data akan dikirim secara kontinyu ke *Wireless Sensor Network*, sehingga ketika yang terdeteksi asap kebakaran hutan *Wireless Sensor Network* akan segera memproses dengan cepat.

Data dikirimkan dari STM32f4 melalui USART. Pin yang dipakai adalah pinB6 sebagai TX. Berikut ini adalah program pengiriman data melalui komunikasi serial USART:

```
void final_layer(void) {
    if (a_final == 0)
        {TM_HD44780_Puts(0, 3, "Bukan Asap Hutan");
        //GPIO_ResetBits(GPIOC, GPIO_Pin_11); //Tidak mengirim
        sinyal kebakaran

    }
    else
    {
        tipe_kebakaran(); //Kebakaran Terdeteksi, masuk
    }

};

void tipe_kebakaran(void)
```

```

{
    if (0 <= a_final < 1)
    {
        TM_HD44780_Puts(0, 3, "Bukan Asap Hutan");
        TM_USART_Puts(USART1, display);
        TM_DISCO_LedOn(LED_RED);
        Delayms(1000);
        TM_DISCO_LedOff(LED_RED);
    }
    else
    {
        TM_HD44780_Puts(0, 3, "KEBAKARAN KECIL");
        if(a_final == 1)
        {
            TM_USART_Puts(USART1, display);
            TM_DISCO_LedOn(LED_RED);
            Delayms(2000);
            TM_DISCO_LedOff(LED_RED);
        }
        else
        {
            TM_HD44780_Puts(0, 3, "KEBAKARAN BESAR");
            TM_USART_Puts(USART1, display);
            TM_DISCO_LedOn(LED_RED);
            Delayms(3000);
            TM_DISCO_LedOff(LED_RED);
        }
    }
}

```



Gambar 4. 12 Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

4.2 Evaluasi Sistem

Pengujian sistem secara keseluruhan ketiga sensor gas dapat mendeteksi asap yang diberikan. Pada saat diuji dengan memberikan asap kebakaran hutan, deret sensor gas mengeluarkan tegangan sebesar MQ-7 = 0,79 volt, TGS 2600= 1,59 volt, dan MQ-2 = 1,09 volt. Setelah beberapa detik melakukan pendeteksian, sistem mendeteksi adanya asap kebakaran hutan dengan skala kecil. Hasil ini sesuai dengan apa yang diharapkan dan tidak terjadi error. Namun waktu pendeteksian membutuhkan waktu sekitar 15 detik. Waktu pendeteksian dirasa masih kurang cepat.

Untuk menampilkan hasil ke LCD diperlukan program untuk menentukan baris dan kolom masing-masing setiap sensor. Berikut adalah program untuk menampilkan ke LCD:

```
char display[15];
char display2[15];
char display3[15];
char display4[15];
/* Initialize system */
```

```

SystemInit();
/* Initialize Delay library */
TM_DELAY_Init();
/* Initialize LCD 20 cols x 4 rows */
TM_HD44780_Init(20, 4);
/* Save custom character on location 0 in LCD */
TM_HD44780_CreateChar(0, &customChar[0]);
sprintf(display, "V1=%.2f v \n\r", sensor[0]); //tegangan mq7
sprintf(display2, "V2=%.2f v \n\r", sensor[1]); //tegangan
tgs2600
sprintf(display3, "V3=%.2f v \n\r", sensor[2]); //tegangan mq2
sprintf(display4, "a=%d \n\r", a);

/* Put string to LCD */
TM_HD44780_Puts(0, 0, display );
TM_HD44780_Puts(0, 1, display2 );
TM_HD44780_Puts(0, 2, display3 );
TM_HD44780_Puts(12, 0, display4 )

```

LAMPIRAN

- **Listing Program Konversi nilai ADC ke Tegangan**

```
baca_sensor[0]=TM_ADC_Read(ADC1, ADC_Channel_0);  
//sensor mq7  
baca_sensor[1]=TM_ADC_Read(ADC1, ADC_Channel_1);  
//sensor tgs2600  
baca_sensor[2]=TM_ADC_Read(ADC1, ADC_Channel_5);  
//sensor mq2  
sensor[0]= (baca_sensor[0]/4096)*3;  
sensor[1]= (baca_sensor[1]/4096)*3;  
sensor[2]= (baca_sensor[2]/4096)*3;
```

- **Listing Program Jaringan Syaraf Tiruan**

```
//nilai p(input)  
p[0] = sensor[0];  
p[1] = sensor[1];  
p[2] = sensor[2];  
  
// normalisasi input  
a0[0] = 2*(p[0]-0.3)/(3-0.3)-1;  
a0[1] = 2*(p[1]-0.3)/(3-0.3)-1;  
a0[2] = 2*(p[2]-0.3)/(3-0.3)-1;  
  
// layer pertama  
n1[0] = (w1[0][0]*a0[0]+b1[0]) + (w1[0][1]*a0[1]+b1[0]) +  
(w1[0][2]*a0[2]+b1[0]);  
n1[1] = (w1[1][0]*a0[0]+b1[1]) + (w1[1][1]*a0[1]+b1[1]) +  
(w1[1][2]*a0[2]+b1[1]);  
n1[2] = (w1[2][0]*a0[0]+b1[2]) + (w1[2][1]*a0[1]+b1[2]) +  
(w1[2][2]*a0[2]+b1[2]);
```



```

n1[3] = (w1[3][0]*a0[0]+b1[3]) + (w1[3][1]*a0[1]+b1[3]) +
(w1[3][2]*a0[2]+b1[3]);
n1[4] = (w1[4][0]*a0[0]+b1[4]) + (w1[4][1]*a0[1]+b1[4]) +
(w1[4][2]*a0[2]+b1[4]);

```

```

a1[0] = 1/(1+pow(exp1,(-n1[0])));
a1[1] = 1/(1+pow(exp1,(-n1[1])));
a1[2] = 1/(1+pow(exp1,(-n1[2])));
a1[3] = 1/(1+pow(exp1,(-n1[3])));
a1[4] = 1/(1+pow(exp1,(-n1[4])));

```

```
// layer kedua
```

```

n2[0] = (w2[0]*a1[0] + w2[1]*a1[1] + w2[2]*a1[2] + w2[3]*a1[3] +
w2[4]*a1[4]) + b2[0];
a2[0] = n2[0];

```

```
//denormalisasi input
```

```
a_out[0] = 0.5*(a2[0]+1);
```

```
//pembulatan a_out
```

```
a_final = round(a_out[0]);
```

- **Dokumentasi Pengujian Asap**



Pengujian Asap Kebakaran Hutan



Pengujian Asap Kebakaran Hutan



Pengujian Asap Rokok



Pengujian Asap Kendaraan Bermotor

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari perancangan, realisasi, dan pengujian alat pada tugas akhir ini dapat disimpulkan bahwa deret sensor gas yang terdiri atas MQ-7, sensor TGS2600, dan MQ-2 bisa bekerja dengan baik dengan mendeteksi karakteristik tegangan masing-masing asap. Dari masing-masing karakteristik tegangan tersebut dimasukkan pada sistem Jaringan Syaraf Tiruan yang menggun dan dilakukan percobaan sebanyak 7 kali tersebut tidak terdapat error . Evaluasi sistem diberikan sampel berupa asap kebakaran hutan dalam skala besar dan hasil yang diperoleh adalah sistem bisa mendeteksi asap kebakaran hutan dengan waktu pendeteksian sekitar 15 detik.

5.2 Saran

Untuk pengembangan alat lebih lanjut hendaknya menambah sensor gas yang lebih banyak supaya data juga lebih akurat. Sistem Jaringan Syaraf Tiruan sebaiknya ditambah lagi *neuron* dan layer tersembunyi agar keluaran yang dihasilkan paling akurat dan error bisa lebih diminimalisir.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Risnandar, Cecep. 2015. <https://jurnalbumi.com/kebakaran-hutan/#return-note-227-6> diakses pada tanggal 5 Desember 2015
- [2] Sumargo, Wirendro; Nanggara, Soelthon Gussetya; Nainggolan, Frionny A; Apriani Isnenti. 2011. *Potret Keadaan Hutan Indonesia Tahun 2000 – 2009*. Forest Watch Indonesia: Jakarta
- [3] Panjaitan Berkat, Siringo-Ringo Berliana, dkk. 2013. *Sensor Gas*. Medan: Technology Science, Sains, fisika
- [4] Figaro. 2014. <http://www.figarosensor.com/products/2600.pdf> (diakses 23 April 2016)
- [5] Sandoro, Fahmi. 2014. *Sensor Gas CO MQ-7*. <http://jagoanelektronika.com/2014/10/sensor-gas-co-mq-7.html> diakses pada tanggal 2 Mei 2016
- [6] Hanwei Electronics. 2010. Datasheet MQ-2. <http://hwsensor.com/products/mq2.pdf> diakses pada tanggal 5 Mei 2016
- [7] Setyo Utomo, Hendrik. 2011. *Jaringan Syaraf Tiruan*. Diktat Kuliah Pengantar Kecerdasan Buatan Universitas Gunadarma: Depok.
- [8] Damastuti, Anya P. 1997. *PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA*. Majalah Wacana.
- [9] STM32F4 Discovery, ST Microelectronics, data sheets, 2012.
- [10] Hamzah, Amir. 2013. LCD Liquid Crystal Display. <https://www.scribd.com/doc/185920131/LCD-20X4> diakses pada tanggal 10 Mei 2016
- [11] LM2596 3.0A, Step Down Switching Regulator, <http://onsemi.com>, data sheets, 2008
- [12] Faisal, Fikri. 2012. *Dampak Asap Kebakaran Hutan Terhadap Pernapasan*. Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia: Jakarta
- [13] Prawira, Windy Noermala. 2009. Alat Pemadam Api Ringan (APAR). Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia: Jakarta

BIODATA PENULIS



Penulis yang bernama lengkap Luthfan AUFAR AKBAR atau biasa dipanggil Luthfan dilahirkan di Malang pada tanggal 28 November 1994 dari pasangan Gatot Kisworo dan Sri Nuraini. Penulis adalah anak pertama dari dua bersaudara. Adik dari penulis saat ini sedang menempuh pendidikan di SMAN 4 Malang. Motto dari penulis adalah *veni vidi vici* yang berarti saya lihat, saya datang, saya menang.

Riwayat pendidikan penulis dimulai dari TK Taman Indria II Malang kemudian dilanjutkan ke SDN Purwantoro I Malang. Setelah lulus SD, penulis bersekolah di SMPN 3 Malang dan melanjutkan di SMAN 3 Malang. Saat ini penulis sedang menempuh pendidikan di jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Judul tugas akhir penulis adalah “Rancang Bangun *Sensor Node* pada *Wireless Sensor Network* Menggunakan Deret Sensor Gas dan Jaringan Syaraf Tiruan untuk Mendeteksi Kebakaran Hutan”. Penulis bisa dihubungi melalui *e-mail*: luthfanaufar.akbar@gmail.com.